Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KÜHN
M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

38. JAHRGANG **HEFT 10** (ZWEITES MAIHEFT) **1951**

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Woldemar Voigt zum hundertsten Geburtstage. Von K. Försterling 217
Modellsubstanzen und Strukturanaloga in der Silikatchemie. Von Erich Thilo 222
Interplanetare Materie. Von C. Hoffmeister 227

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Kleine Bemerkung zum Planckschen Strahlungsgesetz. Von W. Kofink 234
Die Beugung der mit 200 kV beschleunigten Elektronenstrahlen durch Benzoldampf. Von Shigeto Yamaguchi 234
Bemerkungen zur Auswertung der „glow"-Kurven von Kristallphosphoren. Von Michael Schön 235
Quarz-Ultraschallgeber für hohe Beanspruchungen. Von H. H. Rust 235
Zur Chromatographie von Elektrolyten II. Von J. D'Ans und E. Blasius 236
Fixation of triosephosphates in Rhizopus nigricans metabolism with living cells. Von V. Bolcato, M. E. Scevola and G. C. Bussi 236
Wertbestimmung von Antibiotica und Desinfektionsmitteln im Schnelltest mit Triphenyltetrazoliumchlorid. Von Karl Heinz Wallhäusser 237
Über das Vorkommen von freier Fruktose im menschlichen Blut. Von Kurt Wallenfels 238

BESPRECHUNGEN.

Adolf Bachofen-Echt †, Der Bernstein und seine Einschlüsse. (Ref.: K. Andrée) 239
A. Palm, Registrierinstrumente. (Ref.: J. Bartels) 239
F. Tölke, Mechanik deformierbarer Körper. (Ref.: F. K. Rubbert) 239
E. Broda, Advances in Radiochemistry. (Ref.: Hans Götte) 240
International Commission for Plant Slide Exchanges. (Ref.: R. Harder) 240
E. M. Wakefield und R. W. Dennis, Common British Fungi. (Ref.: R. Harder) 240

Theorie der Supraleitung

Von Professor Dr. **M. von Laue**, Göttingen. Zweite Auflage. Mit 37 Textabbildungen. III, 115 Seiten. 1949. DM 16.40

Inhaltsübersicht: Einleitung. Die grundlegenden Tatsachen. — Die Stromverteilung zwischen parallel geschalteten Supraleitern. — Die Grundgleichungen der Maxwell-Londonschen Theorie. — Raumladungen im kubischen Supraleiter. — Die Erhaltung der Energie. — Die Telegraphengleichung für kubische Supraleiter. Stationäre Felder. — Der stromdurchflossene Draht. — Der stromdurchflossene Hohlzylinder. — Der Zylinder im homogenen Magnetfeld. — Die Kugel im homogenen Magnetfeld. — Dauerströme. — Die Maxwell-Londonschen Spannungen. — Das elektrodynamische Potential. — Elektrische Wellen in kubischen Supraleitern. Der Hochfrequenzwiderstand der Supraleiter. — Die Thermodynamik des Übergangs vom Normal- zum Supraleiter. — Der Grenzwert der magnetischen Feldstärke für „dünne" Supraleiter. — Der Zwischenzustand. Eine nicht-lineare Erweiterung der Theorie (Zusatz bei der Korrektur). — Mathematischer Anhang [Beweis der Gleichung (14. 8.)]. — Namen- und Sachverzeichnis.

Aus den Besprechungen: M. v. Laue verdanken wir eine ausgezeichnete Darstellung der phänomenologischen Theorie der Supraleitung, die von London durch Erweiterung der Maxwellschen Gleichungen gegeben wurde. An ihrem Ausbau ist v. Laue mit wesentlichen Arbeiten beteiligt. Es besteht wohl kein Zweifel, daß sie das Fundament jeder zukünftigen atomaren Theorie sein wird.
Das Buch liegt jetzt in der 2. Auflage vor. Man erkennt das Bemühen des Verf., die mathematische Darstellung noch mehr zu verallgemeinern. Seine neuesten Arbeiten über nicht kubisch krystallisierte Supraleiter und die nicht-lineare Erweiterung der Theorie sind aufgenommen worden.
Das Studium dieses hier theoretisch behandelten und so wichtigen physikalischen Phänomens ist nicht leicht und stellt einige mathematische Anforderungen an den Leser. „Angewandte Chemie"

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 12.— DM, für das einzelne Heft 2.50 DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift bei direktem Bezug vom Verlag im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W. C. 2

Springer-Verlag

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung des Autors". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Statistische Urteilsbildung

Erläutert an Beispielen aus Medizin und Biologie. Von Dr. phil. habil. Hans Gebelein, Landshut und Dr. med. H.-J. Heite, wissenschaftlicher Assistent an der Univ.-Hautklinik Münster i. W. Mit einem Geleitwort von Professor Dr. med. C. Moncorps, Direktor der Hautklinik der westfälischen Landesuniversität Münster i. W. Mit 50 Textabbildungen und 20 Beispielen. XVI, 192 Seiten. 1951. DM 15.60

Inhaltsübersicht: Geleitwort. — Vorwort. — Literaturhinweise. — Inhaltsverzeichnis. — Verzeichnis der Beispiele. — Bezeichnungen und Abkürzungen. — Das griechische Alphabet. — Einleitung. — **I. Bearbeitung einer Beobachtungsreihe für ein ganzzahliges Merkmal. — II. Behandlung einer kurzen Beobachtungsreihe mit stetigem Merkmal. — III. Aufbereitung umfangreicheren statistischen Materials mit stetigem Merkmal. — IV. Normalverteilungen. — V. Die normierte Gaußsche Verteilung. — VI. Normalverteilungen zweiter Art. — VII. Zwei Anwendungen der gleitenden Durchschnitte. — VIII. Korrelation zweier Beobachtungsreihen. — IX. Korrelation zwischen drei Beobachtungsreihen. — X. Korrelation bei einer zweiparametrigen Häufigkeitsverteilung. — XI. Bemerkungen über den Gebrauch der einfachsten Korrelationstabellen mit zwei oder drei Spalten und Zeilen. — XII. Zweiparametrige Normalverteilungen erster und zweiter Art. — XIII. Die Methode der Prüffunktionen. — XIV. Die drei kombinatorischen statistischen Schlüsse und ihre Anwendung. — XV. Die Betrachtungsweise der Vertrauens- und Mutungsgrenzen. — XVI. Verfahren zur Beurteilung einer sehr geringen Korrelation.** — Anhang. — Tafel für e^x. — Wurzeltafel. — Sachverzeichnis.

Das vorliegende Buch ist aus einer Gemeinschaftsarbeit zwischen Mathematiker und Mediziner an der Universitäts-Hautklinik Münster entstanden. Bei der mathematischen Aufarbeitung des an der eigenen Klinik anfallenden Zahlenmaterials sowie aus früherer pharmakologischer Tätigkeit des einen Verfassers entstand der Wunsch, das gemeinschaftlich Erarbeitete zusammenzustellen. Die Verfasser erstreben einerseits, den Mediziner aufnahmebereit zu machen für die mathematische Formel als bewährtes Handwerkszeug, ohne das ein Höchstmaß an Klarheit und Ordnung nicht erreichbar ist; andererseits den mathematischen Stoff so aufzubereiten, daß er für die Fassungskraft des Mediziners erreichbar ist. So wird an sich darbietenden Problemen der Klinik und der experimentellen Medizin beispielhaft gezeigt, wie mit streuenden Zahlen zu rechnen ist und wie daraus Urteile gebildet werden können, die letzten Endes auf die Beantwortung zweier wesentlicher Fragen hinauslaufen: „Ist das ein Zufall?" und „Besteht ein Zusammenhang?"

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

LANDOLT-BÖRNSTEIN

ZAHLENWERTE UND FUNKTIONEN
AUS
PHYSIK · CHEMIE · ASTRONOMIE · GEOPHYSIK
UND TECHNIK

SECHSTE AUFLAGE

IN GEMEINSCHAFT MIT
J. BARTELS · P. TEN BRUGGENCATE · K. H. HELLWEGE · E. SCHMIDT
UND UNTER VORBEREITENDER MITWIRKUNG VON
J. D'ANS · G. JOOS · W. A. ROTH †

Herausgegeben von

ARNOLD EUCKEN †

I. Band: ATOM- UND MOLEKULARPHYSIK

Soeben erschien:

2. Teil: MOLEKELN I (Kerngerüst). Bearbeitet von P. Debye jr., E. U. Franck, F. Kerkhof, W. Maier, R. Mecke, H. Pajenkamp, H. Seidel, H. Stuart, E. Wicke. Vorbereitet von Georg Joos. Herausgegeben von Arnold Eucken † und K. H. Hellwege. Mit 460 Abbildungen. VIII, 571 Seiten. 1951. In Moleskin gebunden DMark 168,–

Näheres siehe umstehend — Probeseite siehe Seite 4

Früher erschien:

1. Teil: ATOME UND IONEN. Bearbeitet von E. von Angerer, L. Biermann, U. Cappeller, W. Döring, E. U. Franck, R. Glocker, W. Hanle, G. Joos, F. Kirchner, W. Klemm, A. Saur, E. Saur, U. Stille, H. Stuart, E. Wicke, Vorbereitet von Georg Joos. Herausgegeben von Arnold Eucken † in Gemeinschaft mit K. H. Hellwege. Mit 248 Abbildungen. XII, 441 Seiten. 1950. In Moleskin gebunden DMark 126,–

Die weiteren Bände werden behandeln:

I. Band
- 3. Teil: MOLEKELN II (Elektronenhülle). Etwa 560 Seiten. Erscheint etwa Sommer 1951.
- 4. Teil: KRISTALLE. Etwa 320 Seiten. Erscheint etwa Ende 1951.
- 5. Teil: ATOMKERNE. Etwa 400 Seiten. Erscheint etwa Sommer 1951.

II. Band: MAKROPHYSIK UND CHEMIE. In Vorbereitung.

III. Band: ASTRONOMIE UND GEOPHYSIK. Etwa 400 Seiten. Erscheint etwa Herbst 1951.

IV. Band: TECHNIK. In etwa 3 Teilen. Erster Teil erscheint etwa Ende 1951.

Jeder Band und Bandteil ist einzeln käuflich.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

2. Teil: MOLEKELN I (Kerngerüst). Bearbeitet von P. Debye jr., E. U. Franck, F. Kerkhof, W. Maier, R. Mecke, H. Pajenkamp, H. Seidel, H. Stuart, E. Wicke. Vorbereitet von Georg Joos, Herausgegeben von Arnold Eucken † und K. H. Hellwege. Mit 460 Abbildungen. VIII, 571 Seiten. 1951. In Moleskin gebunden DMark 168.–

Inhaltsverzeichnis

Molekeln, Molekel-Ionen, Radikale

Kerngerüst (geometrische und dynamische Eigenschaften)

Atomabstände und Strukturen (Bestimmt durch Elektronenbeugung.)
(Debye-jr. / H. Stuart)

Theoretische Grundlagen — Elemente — Anorganische Verbindungen — Organische Verbindungen — Reine Kohlenwasserstoffe — Kohlenwasserstoffe, halogenhaltig — Sauerstoffhaltige Verbindungen — Schwefel-, Selen- und Tellurverbindungen — Stickstoffverbindungen — Verbindungen mit Phosphor und Arsen — Bor- und siliziumhaltige Verbindungen — Metallorganische Verbindungen — Literatur.

Valenzenergien chemischer Bindungen (E. Wicke)

Erläuterungen — Atomare Bildungswärmen der Normalzustände einiger Elemente — Valenzenergien chemischer Einfachbindungen — Valenzenergien chemischer Mehrfachbindungen — Literatur.

Trennungsenergien chemischer Bindungen (E. Wicke)

Dissoziationsenergien zweiatomiger Molekeln — Trennungsenergien chemischer Bindungen in mehratomigen Molekeln — Erläuterungen — Organische Verbindungen — Anorganische Verbindungen — Literatur.

Schwingungen und Rotationen der Molekeln

Übersicht und Gebrauchsanweisung — Substanzenverzeichnis (Maier, Mecke / Kerkhof, Pajenkamp, Seidel) — Erläuterungen — C-H-Verbindungen — C-D-Verbindungen — C-H-Halogen-Verbindungen — C-D-Halogen-Verbindungen — C-H-O-Verbindungen — C-D-O-Verbindungen — C-H-O-Halogen-Verbindungen — C-D-O-Halogen-Verbindungen — C-H-S-Verbindungen — C-D-S-Verbindungen — C-H-S-Halogen-Verbindungen — C-H-O-S-Verbindungen — C-H-N-Verbindungen — C-D-N-Verbindungen — C-H-N-Halogen-Verbindungen — C-H-O-N-Verbindungen — C-D-O-N-Verbindungen — C-H-O-N-Halogen-Verbindungen — C-H-S-N-Verbindungen — C-H-N-S-Halogen-Verbindungen — C-H-O-S-N-Verbindungen — C-H-O-S-N-Halogen-Verbindungen — Organische Phosphorverbindungen — Borverbindungen — Siliciumorganische Verbindungen — Metallorganische Verbindungen — Anorganische Verbindungen — Natur- und Kunststoffe.

Literaturverzeichnis (Maier, Mecke/Kerkhof, Pajenkamp, Seidel).
Symmetrie der Molekeln und Eigenschwingungen (R. Mecke) — Erläuterungen — Punktsymmetrie-Elemente und ihre Kombinationen — Symmetrieeigenschaften nach Schönfließ — Symmetrieeigenschaften räumlicher Punktsysteme, die keiner Kristallklasse angehören — Anzahl und Symmetrieeigenschaften der Eigenschwingungen — Die Symmetrieklassen der Tetraedermolekeln — Die Symmetrieklassen der Benzolderivate — Beispielreihe: Eigenschwingungen und Eigenfrequenzen hochsymmetrischer Kettenmolekeln — Beispielreihe: Eigenschwingungen und Eigenfrequenzen hochsymmetrischer Ringsysteme.

Eigenschwingungen (auch Trägheitsmomente) einfacher Molekeln aus Raman- und Ultrarotspektren (R. Mecke/F. Kerkhof) — Erläuterungen — Zweiatomige Molekeln — Dreiatomige, lineare Molekeln — Dreiatomige gewinkelte Molekeln — Vieratomige, ebene Sternmolekeln — Vieratomige Pyramidenmolekeln — Vieratomige ungesättigte Ketten — Vieratomige gesättigte Ketten — Fünf-

Ich bestelle hiermit:

LANDOLT-BÖRNSTEIN **Zahlenwerte und Funktionen aus Physik · Chemie · Astronomie · Geophysik · Technik**

_____ Expl. I. Band. 2. Teil. 1951. In Moleskin gebunden DMark 168,—

Ferner von den folgenden Bänden bzw. Bandteilen:

_____

_____

Jeder Band und Bandteil ist einzeln käuflich.

_____

(Springer-Verlag / Berlin · Göttingen · Heidelberg)

Name (möglichst Stempel): _____

Genaue Adresse: _____

_____ Datum: _____

3. 51. 450.

BÜCHERZETTEL

An die Buchhandlung

.....

.....

.....

.....

atomige totalsymmetrische Tetraedermolekeln — Fünfatomige axialsymmetrische Tetraedermolekeln — Fünfatomige Tetraedermolekeln — Sechsatomige ebene Molekeln (Äthylentyp) — Siebenatomige Oktaedermolekeln — Achtatomige Molekeln (Äthantyp) — Gesättigte Ringe und Derivate — Ungesättigte fünfatomige Ringe und Monoderivate — Diderivate des fünfatomigen Ringes (siebenatomige Molekeln) — Ungesättigte sechsatomige Ringe — Mehratomige Kettenmolekeln.

Ultrarote Rotations- und Schwingungsspektren der einfachsten Molekeln (R. Mecke) — Erläuterungen — Zweiatomige Molekeln — Dreiatomige Molekeln — Vieratomige Molekeln — Fünfatomige Molekeln — Sechs- und mehratomige Molekeln — Benzol und deuterierte Benzole.

Ultrarotspektren weiterer ausgewählter Molekeln (H. Seidel) — Erläuterungen — Charakteristische Frequenzen von Molekelteilen — Anorganische Substanzen: Hydride — Oxyde von Nichtmetallen — Halogenverbindungen — Andere anorganische Verbindungen. — Organische Substanzen: Kohlenwasserstoffe — Halogen-Kohlenwasserstoffe — Substitutionsprodukte des Benzols — Organische Sauerstoffverbindungen — Organische Stickstoffverbindungen — Organische Schwefelverbindungen — Heterocyclische Verbindungen — Metallorganische Verbindungen — Kunst- und Naturstoffe — Charakteristische Lösungsspektren: Wäßrige Lösungen starker Elektrolyte — Anorganische Substanzen in organischen Lösungsmitteln — Organische Substanzen in organischen Lösungsmitteln.

Ramanspektren weiterer ausgewählter Substanzen (H. Pajenkamp) — Erläuterungen — C-H-Verbindungen — C-H-Halogen-Verbindungen — C-H-O-Verbindungen — C-H-O-Halogen-Verbindungen — C-H-S-Verbindungen — C-H-O-S-Verbindungen — C-H-N-Verbindungen — C-H-O-N-Verbindungen — C-H-O-N-Halogen-Verbindungen — C-H-S-N-Verbindungen — C-H-O-S-N-Verbindungen — Siliciumorganische Verbindungen — Metallorganische Verbindungen — Anorganische Verbindungen.

Mikrowellenspektren (W. Maier) — Erläuterungen — Mikrowellenbereich und Mikrowellenspektrographie — Inversionsspektren des $N^{14}H_3$ — Inversionsspektrum des $N^{15}H_3$ — Rotationsspektrum des FCl, des JCl^{35}, des N_2O, des OCS, des OCSe, des HCN, des ClCN, des BrCN, des JCN, des $HC\equiv CCl$, von CH_3Cl, des CH_3Br, von CH_3J, von PF_3 — Rotationslinien weiterer Molekeln (symmetrische Kreisel) — Rotationsspektrum des Wassers, des Äthylenoxyds — Rotationslinien weiterer Molekeln (asymmetrische Kreisel) — Rotationskonstanten, Trägheitsmomente und Deformationskonstanten aus Mikrowellenspektren — Kernabstände und Bindungswinkel — Isotopenmassenverhältnisse aus Mikrowellenspektren — Isotopenhäufigkeiten — Kernspin I, Quadrupolkopplungskonstante, Kernquadrupolmoment und Molekelfeldkonstante aus der Hyperfeinstruktur der Mikrowellenspektren — Verhältnisse der Kernquadrupolmomente verschiedener Isotope eines Elements aus der Hyperfeinstruktur — Elektrische Dipolmomente aus Mikrowellenspektren.

Die Hemmung der inneren Rotation einiger Molekeln im Gaszustand (E. U. Franck)

Anhang zu vorstehenden Tabellen siehe am Ende des nächsten Teilbandes (Molekeln II)

Aus den Besprechungen zum 1. Teil:

... Dieses Werk ist in schweren Zeiten begonnen worden, es wird in schweren fortgeführt werden. Wir sollten, schon vom gesamtdeutschen Standpunkt aus, nur Freude darüber äußern und dankbar sein und voller guter Wünsche für sein weiteres Gedeihen. Wir sollten insgeheim in diesen Dank alle die einbegreifen, die uns in unvorstellbar mühsamer Arbeit diese unendlichen Reihen von Zahlen gewonnen haben. In einem der besten neuen Romane wird ein Archiv der Weltweisheit fingiert, in dem ununterbrochen der geistige Besitz der Menschheit aufgenommen, aufbewahrt, ausgemerzt wird. An dieses Archiv wird man gemahnt, wenn man in dem neuen Teilbande (Band I/1) blättert und daneben in den acht Bänden der vorhergehenden Auflage von 1923 bis 1936. Vieles ist hinzugekommen, vieles ist Bestand geblieben, vieles wird unwiederbringlich vergessen, nachdem es tätig und mitwirkend im Lichte des Tages gestanden. So werden tote Zahlen lebendig und spiegeln in unserem Sonderbereiche Werden, Sein und Vergehen des großen Welttheaters.

Professor Dr. E. Buchwald-Jena in „Die Naturwissenschaften".

XI. Sechsatomige, ebene Molekeln (Äthylentyp).

d) Typ: $\begin{matrix} X \\ X \end{matrix}\!\!>\!C\!:\!C\!<\!\!\begin{matrix} Y \\ X \end{matrix}$; Symmetrie: C_s; $n = 5\nu + 4\delta + 3\gamma$. (Fortsetzung)

Nr.	Stoff	Formel	γ_1	γ_2	γ_3	δ_Y	$\delta_X(\delta_Z)$	δ_X	δ_X	ν_Y	$\nu_X(\nu_Z)$	ν_X	ν_X	ν_C	Bemerkungen	Nr.
			A''			A'				A'						
			dp, a			$\bar{p}$, a				$\bar{p}$, a						
9	C_3H_3J, Lsg. 1-Jod-äthen (Vinyljodid)	H J C:C H H	435 0	879 ?	982 1	309 14	1098 0	1229 6	1369 7	535 12	3003 7	3062 7	3092 5	1581 6	vgl. Tab. IIIc	9
10	C_5H_{10}, fl. 2-Methyl-buten-(2) (Trimethyläthylen)	C H C:C C C	254 0	—	—	1338 6	388 3	444 3	527 3	3055 1	766 6	802 1*b*	1052 ? 0	1679 8	CH_3: δ 1383, 1447; ν 2920, 2972 6 6*b* 20*b* 6*b*	10
11	C_5H_7N, fl. 2-Methyl-buten-(2)-nitril-(4) (1,1-Dimethylacrylsäurenitril)	C H C:C C (CN)	—	575 ? 2	796 ? 0	1332 1	388 3*b*	446 0	524 0	3048 3	818 3	—	1081 ? 4	1637 10	CH_3: δ 1382, 1442; ν 2915, 2983 5 5*b* 7 3 CN: δ 168*b*; ν 2216 8*b* 10	11
12	C_5H_9Cl, fl. 2-Methyl-(3)-Chlorbuten-(2) (Trimethylchloräthylen)	C Cl C:C C C	—	—	—	365 ? 1	393 2	453 2	508 5	610 10	818 2	990 1	—	1672 10	CH_3: δ 1390, 1448; ν 2927, 3005 6 6 10 4	12
13	C_5H_9Br, fl. 2-Methyl-3-brombuten-(2) (Trimethylbromäthylen)	C Br C:C C C	228 3	—	—	327 5	370 1	429 1	497 3	574 6	803 1	983 1	1069 ? 1	1664 6	CH_3: δ 1389, 1440; ν 2921, 2984 5 5*b* 8 5 verunreinigt?	13
14	C_2HCl_3, fl. Trichloräthen	Cl H C:C Cl Cl	211 4, *dp*	274 5, *dp*	936 1, *dp*	1244 2*b*, $\bar{p}$	170 5, $\bar{p}$	380 5, $\bar{p}$	(315) 3	3080 4*b*, $\bar{p}$	628 5, $\bar{p}$	775 2, *dp*?	(845) 1	1585 6, $\bar{p}$	beob.: 451 ($\nu_X - \delta_X$?) 3, *dp*	14

XII. Siebenatomige Oktaedermolekeln.

Typ: ZX_6; Symmetrie: O_h; $n = 3\nu + 3\delta$.

Nr.	Stoff	δ (*a*) F_{1u} *v*, *a*	δ_1 (*s*) F_{2u} *v*, *ia*	δ_2 (*s*) F_{2g} *dp*, *ia*	ν (s_6) A_{1g} *p*, *ia*	ν (s_4) E_g *dp*, *ia*	ν (*a*) F_{1u} *v*, *a*	r 10^{-8} cm	Nr.
1	SF_6, fl. (g) Schwefelhexafluorid	617 *U*	363 ber.	525 2	775 10	645 2	965 *U*	1,57	1
2	SeF_6, fl. (g.) Selenhexafluorid	461 *U*	286 ber.	405 2	710 10	662 2	787 *U*	1,68	2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Jahrgang 38 Heft 10 (Zweites Maiheft) 1951

Woldemar Voigt zum hundertsten Geburtstage.

Von K. Försterling, Köln-Braunsfeld.

Am 2. September 1850 wurde W. Voigt in Leipzig geboren. Sein hundertster Geburtstag ließ bei der Redaktion dieser Zeitschrift den Wunsch auftreten, der reichen Forschertätigkeit Voigts zu gedenken. Indessen ist es gerade bei Voigt ganz unmöglich, seine wissenschaftlichen Leistungen von seiner Persönlichkeit zu trennen, ohne ein falsches Bild seines Wirkens zu geben. Daher werden auch in den folgenden Zeilen meine persönlichen Erinnerungen aus den Jahren 1909 bis 1914 stärker als ursprünglich beabsichtigt hervortreten. Freilich lag ein Menschenalter der Arbeit und des Erfolges zwischen uns, aber bei den Besprechungen über wissenschaftliche Fragen mit Voigt vergaß man vollkommen diesen Unterschied. Er vertrug jeden Widerspruch; im Gegenteil, es machte ihm ein besonderes Vergnügen, daß wir uns im Laufe der Diskussion über schwierige Fragen zuweilen gegenseitig überzeugten derart, daß beide zum Schlusse ihre Ansichten gewechselt hatten. Überhaupt förderte er jede Initiative und vermied in seiner Institutsführung jede Beschränkung und jedes Schema. Die bei hervorragenden Physikern oft vorhandene musikalische Begabung besaß Voigt in außergewöhnlichem Maße, so daß er bei der Berufswahl zwischen Musik und Physik schwankte. In seinen Vorlesungen und Büchern waltet die gleiche Freude und Gestaltung wie bei der Auffassung eines Musikwerkes z. B. in den von ihm dirigierten Bach-Konzerten.

Charakteristisch sind die Worte aus seinem Lehrbuch der Kristallphysik in dem einleitenden Paragraphen über „die ästhetische Seite der Kristallphysik": „Was sie (nämlich die Forscher) in bezug auf die Kristallphysik anzog, war zum Teil ganz sicher eine Art künstlerischen Genusses, den dies Gebiet der Physik gewährt" und weiter: „Denken wir uns in einem großen Saal ein paar hundert ausgezeichnete Violinspieler, die mit tadellos gestimmten Instrumenten alle dasselbe Stück spielen, aber gleichzeitig an lauter verschiedenen Stellen beginnen, auch etwa nach Vollendung immer wieder von vorn anfangen. Der Effekt wird (wenigstens für den Europäer) nicht eben erfreulich sein, ein gleichmäßig trübes Tongemisch, aus dem auch das feinste Ohr das wirklich gespielte Stück nicht herauszuerkennen vermag, einzig charakterisiert durch den Umfang der überhaupt erreichten und durch die relative Häufigkeit aller berührten Töne.

Eine solche Musik nun machen uns die Molekeln in den gasförmigen, den flüssigen und den gewöhnlichen festen Körpern vor. Es mögen sehr begabte Molekeln sein, von kunstvoll reichem Aufbau, aber bei ihrer Wirksamkeit stört immer eines das andere; von ihren Qualitäten kommt in den beobachteten Erscheinungen keine voll und rein, manche überhaupt gar nicht zur Geltung.

Ein Kristall hingegen entspricht dem oben geschilderten Orchester, wenn dasselbe von einem tüchtigen Dirigenten einheitlich geleitet wird, wenn alle Augen an seinen Winken hängen, und alle Hände den gleichen Strich führen. Hier kommt Melodie und Rhythmus des vorgetragenen Stückes zu ganzer Wirkung, die durch die Vielheit der Ausführenden nicht gestört, sondern gestärkt wird.

Das Bild macht verständlich, wie Kristalle ganze Erscheinungsgebiete zeigen können, die bei den andern Körpern nur in trübseligen monotonen Mittelwerten auftreten. Nach meinem Gefühl tönt die Musik der physikalischen Gesetzmäßigkeiten in keinem anderen Gebiete in so vollen und reichen Akkorden, wie in der Kristallphysik."

Dieser künstlerische Genuß zog ihn nach seiner eigenen Äußerung auch zu seinen übrigen experimentellen und theoretischen Arbeiten, zu der Magneto-Optik, besonders aber auch zu den zusammenfassenden Darstellungen in seinen Büchern oder Vorlesungen, die deshalb nicht nur vom didaktischen Gesichtspunkte aus gewertet werden dürfen.

Die Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen ist ganz außerordentlich groß. In den „Annalen" finden sich allein über hundert Arbeiten, dabei sind die unter seiner Leitung entstandenen Dissertationen nicht einmal mitgezählt. Bedenkt man, daß in seinem Institut zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten im Gange waren und Voigt an zwei Nachmittagen der Woche im optischen Praktikum außer in den letzten Jahren anwesend war, so ergibt sich eine ganz erstaunliche Leistung. Ermöglicht wurde dies durch eine außergewöhnliche Arbeitskraft und durch die Harmonie, die er in seinem schönen Hause fand. Voigt stand in den letzten Jahren seiner Tätigkeit innerhalb der deutschen Physik etwas isoliert da. Er war wohl der letzte der bedeutenden Physiker, die aus der Schule von F. Neumann hervorgegangen sind. Als er 1874 promovierte, hatte F. Neumann bereits das Alter von 76 Jahren erreicht. Neumanns Schüler G. Kirchhoff war 26 Jahre älter als Voigt und starb bereits 1887.

Von seinen Schülern oder Mitarbeitern waren die ihm besonders nahestehenden frühzeitig dahingegangen: Professor Pockels in Heidelberg, Professor Sella in Rom und Walter Ritz, nachdem er nach Göttingen zurückgekehrt war. Aber besonders tief erschütterte ihn das frühzeitige Ende P. Drudes, der ihm von allen am nächsten gestanden hatte.

Voigt gilt im allgemeinen als ein Vertreter der phänomenologischen Betrachtungsweise in der Physik, die ihre Aufgabe darin sieht, auf einer kleinen Anzahl von Prinzipien, d. h. von Regeln, die aus der Erfahrung abgeleitet sind und denen hypothetisch allgemeine Gültigkeit beigelegt wird, ein Gebäude mathematischer Folgerungen zu errichten, welches die Gesetze der Erscheinungen in dem bezüglichen Gebiet liefert. Doch war er im Prinzip keineswegs einseitig ein Vertreter dieser Forschungsrichtung. Seine Auffassung hat er in dem Artikel in der „Kultur der Gegenwart" auseinandergesetzt (S. 807). Aber neben den mathematischen Schwierigkeiten und dem Umstande, daß die Grundannahmen über die Wechsel-

wirkung der Atome und Molekeln einer direkten Prüfung nicht zugänglich seien (natürlich ist die Grenze in den letzten 40 Jahren wesentlich erweitert worden), betonte Voigt stets nachdrücklich, daß die abgeleiteten Gleichungen, die schließlich die Erscheinungen beschreiben, oft die speziellen Eigenschaften des Modells gar nicht benötigen und allein mit Hilfe allgemeiner, etwa mechanischer oder thermodynamischer Prinzipien abgeleitet werden können, die jedes zulässige Modell befolgen muß. Daher wurden in den Veröffentlichungen derartige Modellvorstellungen vermieden, während sie im Gespräch und in den Vorlesungen zur Veranschaulichung herangezogen wurden, z.B. das sog. Thomsonsche Atommodell, das Voigt vielleicht noch vor Thomson in seinen Vorlesungen erwähnte. Anderseits befriedigte ihn eine Theorie nicht, wenn die Konstruktion eines plausiblen Modells nicht gelang. So bezeichnete er seine letzten magnetooptischen Arbeiten über die komplizierten Zeeman-Effekte, die den Paschen-Back-Effekt und sein Zustandekommen in allen Einzelheiten darstellten, oft im Gespräch als „himmelblaue Allgemeinheit" und bemühte sich, eine Deutung der Kopplungskräfte durch rotierende schwingende Teilchen zu finden, natürlich (um 1912) ohne befriedigenden Erfolg, da damals die Quantentheorie der Spektren in den Anfängen und der Spin der Elektronen noch unbekannt war.

Dieser Einstellung entspricht es, daß nur wenige molekular-theoretische Arbeiten von Voigt vorhanden sind, z.B. über die Theorie der Flüssigkeiten und der Verdampfung. „In dieser Arbeit (Boltzmann und Nahl in der mathematischen Enzyklopädie) entwikkelt Voigt eine mathematisch konsequente, aber von speziellen Vorstellungen ausgehende kinetische Theorie der Flüssigkeiten. Ohne behaupten zu wollen, daß diese Annahmen für wirkliche Flüssigkeiten wirklich erlaubt seien, stellt sich Voigt nur die Aufgabe, sie mathematisch konsequent durchzubilden und ihre teilweise Übereinstimmung mit der Erfahrung zu konstatieren."

Einen sehr großen Raum nehmen die experimentellen Arbeiten in Voigts Lebenswerk ein. Sie waren wohl in der Hauptsache eng mit strengen theoretischen Überlegungen verknüpft; ein Eindringen in neue Gebiete auf Grund von Arbeitshypothesen und provisorischen Hilfsvorstellungen und Bildern, das oft zu überraschenden Entdeckungen neuer Erscheinungen geführt hat, lag ihm weniger. Um so mehr wurde Wert darauf gelegt, daß die Voraussetzungen der Theorie bei den Versuchen möglichst exakt gewahrt und die Versuchsanordnungen der Theorie möglichst zugänglich waren. Über die schönen Savartschen Versuche über die Schwingungen von Kristallplatten, bei denen er das Fehlen theoretischer Gesichtspunkte schmerzlich vermißte, heißt es im Vorwort zur Kristallphysik: „Ich fühlte mich durch eine Art Verpflichtung gedrängt, die Resultate dieser ersten großen und doch fast vergessenen Experimental-Untersuchung auf dem Gebiete der Kristallphysik mit der Theorie in Beziehung zu setzen." In der Tat gelang es ihm in wenigen Tagen, die Savartschen Beobachtungen theoretisch verständlich zu machen.

In seiner Dissertation über die Bestimmung der elastischen Konstanten von Steinsalz (1874) traf Voigt bereits das Gebiet, dem seine Vorliebe und ein großer Teil seiner wissenschaftlichen Arbeiten gewidmet war. In seinem Lehrbuch der „Kristallphysik" mit Ausnahme der Kristalloptik (1910) hat er dieses Gebiet von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zusammengefaßt. Wir erwähnten schon den besonderen Genuß, den ihm die Bearbeitung dieses Gebietes bereitete. Es ist ein unersetzlicher Verlust, daß Voigt sich durch die Rücksicht auf das Buch von Pockels bestimmen ließ, das Gebiet der Kristalloptik auszulassen, so daß wir gerade von diesem Gebiet, das er so besonders gefördert und geliebt hat, keine zusammenfassende Darstellung von seiner Hand besitzen. Im folgenden werden wir die kristalloptischen Arbeiten mit den optischen Arbeiten zusammen besprechen.

Die experimentellen Arbeiten Voigts, die in dieses Gebiet fallen, befassen sich zum großen Teil mit der Bestimmung der für die einzelnen Gebiete charakteristischen Konstanten. So ist Voigt immer wieder zur Messung der elastischen Konstanten von Kristallen zurückgekehrt. Die Kenntnis aller elastischen Konstanten eines Kristalles war von besonderem theoretischem Interesse. Zwar hatten Kirchhoff und andere an isotropen Körpern bereits die elastischen Konstanten gemessen und gezeigt, daß die Poissonsche Relation zwischen ihnen nicht erfüllt ist. Der undefinierte molekulare Aufbau der isotropen Körper verlangte aber eine entsprechende experimentelle Untersuchung an Kristallen. Es ergab sich, daß zwar in einigen Fällen die Poissonschen, bei Kristallen natürlich komplizierteren Relationen erfüllt waren, für andere dagegen nicht. Die genauen Parameterwerte ermöglichten später die Berechnung der spezifischen Wärmen nach der Theorie von Debye und von Born und v. Kármán. Einen besonderen Raum nehmen ferner die Bestimmungen der piezo-elektrischen Konstanten ein, die gemeinsam von Riecke und Voigt und anschließend von deren Schülern im Göttinger Institut ausgeführt worden sind, nachdem die Theorie dieser von P. und J. Curie entdeckten Erscheinungen in allgemeiner Weise von Voigt entwickelt und insbesondere die bei den verschiedenen Kristallsystemen auftretenden Parameter festgestellt worden waren. In einer Arbeit mit E. Riecke ist durch genaue Messungen aller in Frage kommenden Daten festgestellt worden, daß die Pyroelektrizität des Turmalins nicht allein als Folge der thermischen Deformationen aufgefaßt werden kann, daß also wahre Pyroelektrizität existiert.

Die piezo-elektrischen Erscheinungen haben seitdem außerordentliche technische Bedeutung gewonnen zur Konstanthaltung der Frequenz elektromagnetischer Sender, die heute in der Radiotechnik unentbehrlich ist, und zur Erzeugung von Ultraschallwellen bei ihren stets wachsenden technischen Anwendungsmöglichkeiten.

Wir müssen es uns hier versagen, die zahlreichen Arbeiten Voigts und seiner Schüler zur Bestimmung der Konstanten der pyro-elektrischen Erregung, der Magnetisierung, der Wärmeleitfähigkeit, der inneren Reibung und die Untersuchungen über die Festigkeit sowohl bei Kristallen und eventuell auch bei isotropen Körpern auch nur aufzuzählen.

Dagegen wollen wir noch einige Arbeiten erwähnen, in denen nach spezifischen, durch die Kristallstruktur als möglich signalisierten Effekten gesucht wird, die aber mit den damaligen Mitteln und bei dem Materialmangel zu keinen oder doch nicht gesicherten Ergebnissen führten: nach dem Auftreten von Pyro- und

Piezomagnetismus, nach den bei der Elektrizitäts- und Wärmeleitung auftretenden rotatorischen Parametern, die einen natürlichen HALL-Effekt hervorrufen, ferner, um diese Arbeiten hier mitzunennen, nach den besonderen Wirkungen elektrischer Schwingungen in optisch aktiven Körpern und schließlich nach Anomalien der Lichtausbreitung in Turmalin.

Inzwischen sind der experimentellen Erforschung der Kristalle durch die Möglichkeit der Erzeugung hochfrequenter ungedämpfter elektro-magnetischer Schwingungen und Ultraschallwellen sowie durch die Entdeckung der Röntgen- und Elektroneninterferenzen neue Hilfsmittel und Möglichkeiten erwachsen.

Die theoretische Behandlung geschieht in diesem Buche rein phänomenologisch. Atomistische Vorstellungen werden nur zur Veranschaulichung der gewonnenen Resultate in sehr geringem Umfange herangezogen.

Im übrigen bildet das thermo-dynamische Potential, das in jedem Falle gemäß den auf der Erfahrung basierenden Gesetzen der klassischen Physik gebildet wird, im ganzen Buche den Ausgangspunkt, eine Behandlung, die eine nicht zu übertreffende Einheitlichkeit besitzt. Die so gewonnenen Resultate besitzen eine große Sicherheit und sind stets in den Grenzen gültig, in denen die Beobachtungen richtig sind, auf denen die allgemeinen (phänomenologischen) Theorien der Mechanik, Elastizität und Thermodynamik beruhen.

Nicht das gleiche gilt von den wenigen molekulartheoretischen Betrachtungen: „Aber jene ganze Epoche beschäftigte sich überhaupt weniger mit der Molekulartheorie als mit der Phänomenologie der Kristalle. Und was sie darin geschaffen hat und was deshalb den überwiegenden Teil dieses Buches bildet, hat gerade wegen seines rein formalen Charakters, den man ihr manchmal zum Vorwurfe gemacht hat, einen bleibenden Wert." — „Seit die allgemeine Relativitätstheorie die Tensoren höheren Ranges in die Physik eingeführt hat, läge es z.B. nahe, die elastischen, die piezo-elektrischen Koeffizienten und andere als Tensorkomponenten zu schreiben und dadurch ihre Transformationsformeln zu vereinfachen. Aber es erscheint kaum möglich, VOIGTs Buch daraufhin umzuarbeiten. Es ist in seiner konsequenten Durcharbeitung, in den Beziehungen, die von einem Kapitel zum anderen führen, ein Meisterwerk, das man durch Veränderungen im einzelnen nur zerstörte. Will man hier etwas verbessern, so muß man ein ganz neues Buch schreiben. Und wer unter den heutigen Physikern versenkte sich wohl mit so viel Liebe in den Gegenstand, wie WOLDEMAR VOIGT es getan? Ohne dies aber wird sicher nichts Gleichwertiges geschaffen." (M. v. LAUE im Begleitwort zum Nachdruck der ersten Auflage.)

Den molekular-theoretischen Betrachtungen liegt (1910) noch die Vorstellung zugrunde, daß Molekeln und Molekelgruppen die kleinsten Bausteine der Kristalle sind. Es ist wohl zuerst von MADELUNG ausgesprochen und später durch BRAGG und andere durch Röntgenstrahleninterferenz bewiesen worden, daß im allgemeinen Atome und Elektronen die Kristallgitter bilden. VOIGT hat sich natürlich dieser Erkenntnis nicht verschlossen und insbesondere das Buch von M. BORN „Dynamik der Kristallgitter" mit größter Begeisterung begrüßt.

Wir übergehen die wenigen Arbeiten aus dem Gebiete der Hydrodynamik und Thermodynamik (soweit sie nicht in der Kristallphysik verwertet sind) und wenden uns dem zweiten großen Gebiet zu, das VOIGT immer wieder mit besonderer Vorliebe und größtem Erfolg behandelt hat, der Optik.

Die Grundlagen der theoretischen Optik, wie sie VOIGT bei seinen ersten Arbeiten vorfand, waren von FRESNEL, dessen geniale Intuition VOIGT bei jeder Gelegenheit bewundernd hervorhob, geschaffen worden. FRANZ NEUMANN, der zugleich auch Mineraloge war, interessierte besonders die Kristalloptik. Er und andere Forscher haben die FRESNELsche Theorie zum Teil modifiziert und erweitert und seine Resultate exakter zu begründen versucht. Seit 1878 beginnen dann die Arbeiten von W. VOIGT auf diesem Gebiete. Naturgemäß liegt den ersten Arbeiten die elastische Lichttheorie zugrunde, um deren konsequente Entwicklung sich VOIGT zuerst 1883 bemühte. Eine einfache Übertragung der elastischen Theorie auf die optischen Erscheinungen erwies sich als unmöglich schon wegen des Fehlens der longitudinalen Welle, während man umgekehrt das Fehlen der transversalen erwartet hätte. Es war also erforderlich, dem Aether ad hoc besondere Eigenschaften beizulegen, die direkt nicht kontrollierbar waren. Diese Entwicklung führte zu einer rein phänomenologischen Theorie, die in abschließender Form VOIGT in seinem Kompendium der Physik (1895) dargestellt hat. Es wird hier bei der Ableitung der Grundgleichungen im leeren Raum jede Voraussetzung über die Natur des Lichtvektors vermieden, so daß dieser sowohl als elastische Verrückung als auch als magnetische Feldstärke gedacht werden kann. Die Worte in der Einleitung des zweiten Bandes: „Ich habe vorgezogen, auch in der Optik über den Mechanismus des Vorganges eine bestimmte Vorstellung nicht einzuführen, die Grundgleichungen für den einfachsten Fall der Lichtausbreitung im leeren Raum direkt auf die Erfahrung zu basieren und ihnen im HAMILTONschen Prinzip eine Form zu geben, die eine Verallgemeinerung auf kompliziertere Verhältnisse nach übersichtlichen Grundsätzen und unter steter Vergleichung mit der Erfahrung gestattete. Dabei ist natürlich nicht unterlassen, die Beziehungen der Resultate zu der elastischen und elektromagnetischen Lichttheorie, wo immer angängig, deutlich hervorzuheben", erinnern an das Programm, das der Entwicklung der HEISENBERGschen Matrizenmechanik als Leitfaden gedient hat. Die MAXWELLsche Theorie wurde als Grundlage noch als zu eng angesehen: „Indessen führt dieser Weg ohne Zuhilfenahme mehr oder weniger bedenklicher Hypothesen bisher doch nicht eben weit, und seine Wahl hätte demnach jene gemischte Methode der Behandlung nötig gemacht." Es fehlte z.B. noch eine Theorie der Dispersion auf dieser Grundlage. Indessen brachte gerade der VOIGTsche rein phänomenologische Aufbau die Äquivalenz der alten und der neuen Theorie zur Evidenz und damit die Zulässigkeit der Beibehaltung bereits gewonnener und experimentell vielfach bestätigter Ergebnisse.

Eine große Zahl von Arbeiten beschäftigen sich mit speziellen Problemen. Heute erscheinen diese als selbstverständliche Folgerungen der MAXWELLschen Theorie; zu ihrer Zeit, als die Grundlagen der theoretischen Optik noch umkämpft waren, erfuhren sie zum Teil schärfste Ablehnung. So erzählte VOIGT selbst

von einem Briefe eines älteren Kollegen, auch eines Schülers von F. NEUMANN, an die Universität, in dem dieser sich damals erkundigte, ob VOIGT wirklich der Schüler von F. NEUMANN wäre, da dann durch diesen Professor VOIGT die ganze NEUMANNsche Schule blamiert würde. Leider kann ich mich nicht mehr erinnern, welche Arbeit VOIGTs die Veranlassung zu diesem Briefe gegeben hat. Wir wollen auf die Einzelheiten dieser Arbeiten, z. B. die Frage nach der bei der Totalreflexion im optisch dünneren Medium auftretenden Welle, die jetzt wieder erhöhte Beachtung gefunden hat, nicht eingehen und nur die großen Gruppen der optischen Arbeiten besprechen. Bei der Entwicklung der theoretischen Optik spielt die Kristallphysik eine besonders wichtige Rolle als Kriterium für die Richtigkeit jeder Theorie, besonders auch für deren logischen Aufbau, z. B. bei dem Unterschied der FRESNELschen und der NEUMANNschen Auffassung. So hat sich auch VOIGT immer wieder mit der Kristalloptik beschäftigt. Bei durchsichtigen Kristallen gelang ihm z. B. die volle Aufklärung der konischen Refraktion. Wichtig erscheint auch der Hinweis auf die nur beschränkte Möglichkeit der Trennung eines Wellenfeldes im Kristall in zwei Strahlen, den ordentlichen und den außerordentlichen.

Besonders war VOIGT so auf die Gesetze der Lichtausbreitung in absorbierenden Kristallen geführt worden, die für zweiachsige Kristalle besonders schwierig und undurchsichtig sind. Ihr sind mehrere Arbeiten gewidmet, in denen die schönen, in der Nähe der Polarisations- und Absorptionsachsen geltenden Gesetze, insbesondere das Auftreten der Windungsachsen, gefunden und experimentell bestätigt worden sind. Mir ist nicht bekannt, daß über die Arbeiten von VOIGT hinaus auf diesem Gebiete Fortschritte erzielt worden sind, obwohl noch bei weitem nicht alle Probleme, insbesondere das „optische Paradoxon"[1]) geklärt sind.

Eine andere Frage bildete das Problem der Reflexion und Brechung an absorbierenden Kristallen, das theoretisch in der Dissertation von P. DRUDE und in dessen späteren Arbeiten im VOIGTschen Institut experimentell gelöst worden ist. Die letzteren Arbeiten führten zu der Bestimmung der optischen Konstanten einer ganzen Reihe von Metallen durch P. DRUDE (auf den Anteil VOIGTs an der Theorie der Modifikation der Reflexionsbeobachtung durch Oberflächenschichten und die optischen Untersuchungen über dünne Metallschichten gehen wir nicht ein). Mit der Bestimmung der optischen Konstanten der Metalle hat sich VOIGT immer wieder beschäftigt. Um die Dispersion derselben ins Ultraviolett verfolgen zu können, wurde von ihm eine neue Beobachtungsmethode angegeben und von seinen Schülern angewandt. Verbesserungen in experimenteller Hinsicht sind nach dem Tode VOIGTs besonders durch die Herstellung einwandfreier Spiegel und deren Beobachtung im Vakuum erreicht worden. Die Diskussion der beobachteten Dispersionskurven erfolgte natürlich noch auf Grund der Vorstellungen der LORENTZschen Elektronentheorie. Das Eingreifen der Wellenmechanik hat hier zu ganz neuen theoretischen Fragestellungen geführt.

Die bisher besprochenen Arbeiten beruhen (bis auf die Diskussion der Dispersion) auf den Grundgleichungen der elastischen oder der MAXWELLschen Theorie. Nach dem Erscheinen des Buches von H. A. LORENTZ, „Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern" wandte sich VOIGT bei seinen folgenden Untersuchungen nachdrücklich dieser anschaulichen Theorie zu, wenn er auch in den Hypothesen über die Kräfte, welche die Elektronen im Körper erfahren, große Zurückhaltung bewahrte.

Mit Hilfe der Elektronenvorstellung gelang 1899 die Aufstellung des Gleichungssystems für optisch aktive Körper, indem die Bewegungsgleichungen der Elektronen durch Zusatzglieder erweitert wurden, derart, daß dem Superpositionsprinzip und dem Energieprinzip, das ja für durchsichtige Körper gewahrt sein muß, Rechnung getragen wurde. Eine modellmäßige Vorstellung wird nicht gegeben, die Behandlung ist also rein phänomenologisch. Mit um so größerer Freude begrüßte VOIGT die späteren Arbeiten von M. BORN. (Gegen die DRUDEsche Ableitung aus dem Modell der Spiralbahnen hat er in seiner Vorlesung und in Gesprächen immer Einwände erhoben.) Daß die Theorie auf Kristalle übertragen und die Lichtausbreitung diskutiert wurde, versteht sich von selbst. Auch heute noch gibt diese Theorie die Grundlage für die Theorie des Drehungsvermögens.

Seit 1898 beschäftigte sich VOIGT mit den Fragen der Emission und Absorption von Spektrallinien, besonders aber mit theoretischen und experimentellen Problemen der Magneto-Optik. 1908 hat er in seinem Buche „Magneto- und Elektro-Optik" eine Gesamtdarstellung dieses Gebietes gegeben. Es ist dies vielleicht dasjenige seiner Bücher, das am anschaulichsten geschrieben und am leichtesten lesbar ist. Mit dem Aufkommen der Quantentheorie freilich ist die theoretische Grundlage dieses Gebietes sehr stark verschoben worden. Wir können hier nur VOIGTs wichtigste Arbeiten dieser Gruppe herausgreifen und uns auf die Magneto-Optik beschränken. VOIGT hat sich von vornherein nicht allein für die Gesetze der Ausstrahlung, sondern besonders für die der Fortpflanzung einer Lichtwelle innerhalb des dem Magnetfeld ausgesetzten Körpers interessiert. So erhielt er die Gesetze der Fortpflanzung und der Absorption der Welle. Der KIRCHHOFFsche Satz liefert dann zugleich die Lage, aber auch die Intensitäten der Spektrallinien. Die Theorie sagte das Auftreten einer (linearen) Doppelbrechung bei Beobachtung senkrecht zu den Kraftlinien voraus, ferner das starke Anwachsen derselben sowie das der bereits von FARADAY entdeckten magnetischen Drehung der Polarisationsebene bei Annäherung an einen Absorptionsstreifen. Die Existenz der linearen Doppelbrechung wurde in der Tat von VOIGT in unmittelbarer Nähe der Absorptionslinie gemäß der Theorie entdeckt. Ebenso fand sich auch bei der Drehung das theoretisch vorausgesagte Anwachsen bei Annäherung an einen Absorptionsstreifen, z. B. im Natriumdampf. VOIGT hat dann eine Methode angegeben, welche mit einem Blick das Verhalten der Drehung oder der Doppelbrechung in dem fraglichen Spektralbereich zu überblicken gestattet, die sich aber auch für quantitative Messungen eignet. Derartige Versuchsanordnungen liebte VOIGT besonders, wie er auch die Methode der gleichzeitigen Einwirkung eines elektrischen und ihm parallelen magnetischen Feldes auf einen Elektronenstrahl ersann, die bei der e/m-Bestimmung Verwendung fand und

[1] Ann. Phys. **27**, 1023 (1908).

die Veränderlichkeit der Masse mittels einer einzigen Aufnahme sichtbar machte.

Die weiteren magneto-optischen Arbeiten VOIGTs befassen sich hauptsächlich mit der Theorie des komplizierten ZEEMANN-Effektes, die in der quantitativen Berechnung des ZEEMAN-Effektes der *D*-Linie gipfeln und den PASCHEN-BACK-Effekt und besonders seine Entstehung in allen Einzelheiten wiedergeben. Über diese Arbeiten haben wir schon früher gesprochen. Es ist sehr merkwürdig, daß VOIGT, von ganz anderen Grundlagen ausgehend, hier die Resultate der Quantentheorie vorweg nimmt. Über die große Bedeutung der damals in der ersten Entwicklung begriffenen Quantentheorie hat sich VOIGT in dem oben erwähnten Beitrag in der „Kultur der Gegenwart" ausgesprochen; indessen hat er sich meines Wissens nicht selbst bei dem Aufbau der Quantentheorie beteiligt. Dagegen griff er frühzeitig in die Theorie der Optik bewegter Körper ein. Bereits 1887 konnte er die LORENTZ-Transformation bis auf einen unwesentlichen Faktor angeben. H. A. LORENTZ charakterisiert den Sachverhalt in seinem Buche „Theory of Electrons" S. 198: "In a paper 'Über das DOPPLERsche Prinzip' published in 1887 (Gött. Nachrichten p. 41) and which to my regret has escaped my notice all these years, VOIGT has applied to equations of the form 6 (§ 3 of this book) $\left[\text{nämlich } \Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = 0\right]$ a transformation equivalent to the formulae (287) and (288) (nämlich der LORENTZ-Transformation). The idea of the transformation used above (and in § 44) might therefore have been borrowed from VOIGT and the proof that it does not alter the form of the equation for the free ether in his paper."

Die Tatsache, daß beim Übergang von einem Koordinatensystem zu einem anderen, das sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit gegen das erste bewegt, auch die Zeit zu transformieren ist, d. h. die Einführung der Ortszeit ist also zuerst von W. VOIGT gefunden worden. Aber weder die elastische Lichttheorie noch die damals von H. HERTZ entwickelte Elektrodynamik bewegter Medien boten eine geeignete Grundlage für die Weiterentwicklung der gefundenen Resultate. Insbesondere ließ sich von der elastischen Theorie aus die Schwierigkeit, welche die Behandlung der Ausstrahlung des Lichtes einer bewegten Lichtquelle in den als elastisches Medium gedachten Äther bereitete, nicht überwinden. Dies ist nach VOIGTs eigenen Mitteilungen der Grund, weshalb eine Weiterführung seiner Arbeiten auf diesem Gebiete nicht gelang. Die Lösung dieser Schwierigkeiten erfolgte 1895 bei Beschränkung auf Glieder erster Ordnung von w/c (w = Geschwindigkeit des bewegten Körpers, c = Lichtgeschwindigkeit) durch H. A. LORENTZ, den VOIGT seit dem Tode Lord KELVINs mehr als irgendeinen mitlebenden Physiker bewunderte und verehrte. Während LORENTZ 1895 das Fehlen einer Einwirkung einer gleichförmigen Translation auf die elektromagnetischen Erscheinungen, beurteilt von einem mitbewegten Koordinatensystem, durch spezielle anschauliche Vorstellungen zu erklären suchte, nahm er diese Tatsache 1904 als Ausgangspunkt seiner Theorie, und etwas später erhob sie in umfassender Weise EINSTEIN zu einem allgemein gültigen Prinzip. Gegenüber diesem speziellen Relativitätsprinzip als allgemeinem Naturgesetz verhielt sich VOIGT einigermaßen zurückhaltend. Er äußerte wiederholt, daß seinem physikalischen Empfinden nach ein solches allgemeines Prinzip sich nicht nur auf gleichmäßige Translationen beschränken dürfe, sondern auch für beliebige Geschwindigkeiten gelten müsse, eine Forderung, der später die allgemeine Relativitätstheorie EINSTEINs entsprach. Über VOIGTs Einstellung zu dieser letzten Theorie ist mir indessen nichts bekannt geworden.

Im Vorstehenden sind die von W. VOIGT angeregten und unter seiner Leitung ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten nur ausnahmsweise erwähnt worden, obwohl die Tätigkeit in seinem Institut einen großen Teil seiner Zeit in Anspruch nahm. Unter RIECKEs und seiner Leitung war das neue Physikalische Institut erbaut und 1905 eröffnet worden. Damit wuchs die Zahl der experimentellen Arbeiten außerordentlich an, übrigens noch stärker in dem von E. RIECKE geleiteten Institut für Experimental-Physik.

Da VOIGT in Göttingen die theoretische Physik vertrat, so ist seine und seiner Schüler weitausgreifende experimentelle Tätigkeit gelegentlich von Außenstehenden als eine Beeinträchtigung der Experimentalphysik kritisiert worden, mit Unrecht, wie mir scheint. Denn die Durchführung der experimentellen Arbeiten wurde nur durch persönliche Zuschüsse, die die Höhe des normalen Etats erreichten, möglich gemacht. Außerdem hatten VOIGT und auch RIECKE auf ihre Einnahmen aus dem Institut verzichtet, ein Schritt, den VOIGT später auf Grund seiner Erfahrungen als einen Fehler bezeichnete. Die Erkenntnis dieses Fehlers war der Grund, weshalb er überhaupt davon sprach; denn die Opfer, die er der Gesamtheit brachte, wurden von ihm nie erwähnt und blieben daher unbekannt. In seinem Nachruf hat C. RUNGE darauf hingedeutet: „Auf seine freigebige Hand war immer zu rechnen. Durch die persönlichen Opfer, die er brachte, hat er manches Universitätsunternehmen ermöglicht und manche Berufung verwirklicht, ohne daß selbst die Nächststehenden es wußten." Und wenn in der Trauerrede an seinem Sarge gesagt wurde: „Was er großzügig an Wohltaten geleistet, er sprach nie davon, er ließ seine linke Hand nicht wissen, was die rechte tat", so waren diese Worte keine Phrasen, geben vielmehr nicht im entferntesten eine Vorstellung von den tatsächlich gebrachten Opfern.

Wir können hier nicht näher auf den äußeren Lebensgang und die Gesamtpersönlichkeit eingehen. In den „Erinnerungsblättern aus dem Deutsch-französischen Krieg 1870/71" hat VOIGT seine Erlebnisse an Hand seiner Tagebücher und Briefe dargestellt: „Wahrheit in dem Sinne, daß die unmittelbaren Eindrücke jener Zeit mit der Ruhe des reifen Alters nachgeprüft sind". So tritt uns aus diesem Buche nicht nur die Gestalt des jungen 20jährigen Studenten, sondern nicht minder stark die des damals 64jährigen entgegen, ganz besonders seine Begeisterung für die Musik, die ihn durch das ganze Leben begleitet hat.

Nach einem Leben reich an Arbeit und Erfolgen ist W. VOIGT am 13. Dezember 1920 nach kurzer Krankheit verstorben.

Eingegangen am 12. März 1951.

Modellsubstanzen und Strukturanaloga in der Silikatchemie.

Von ERICH THILO, Berlin.

Unser systematisches Wissen über das chemische Verhalten der Silikate, d.h. ihre Reaktionsfähigkeit und die Art ihrer chemischen Reaktionen, ist bis heute noch sehr gering, obwohl die Konstitution und die Bauprinzipien der wichtigsten Typen dieser an Umfang bei weitem größten Gruppe von Naturstoffen auf

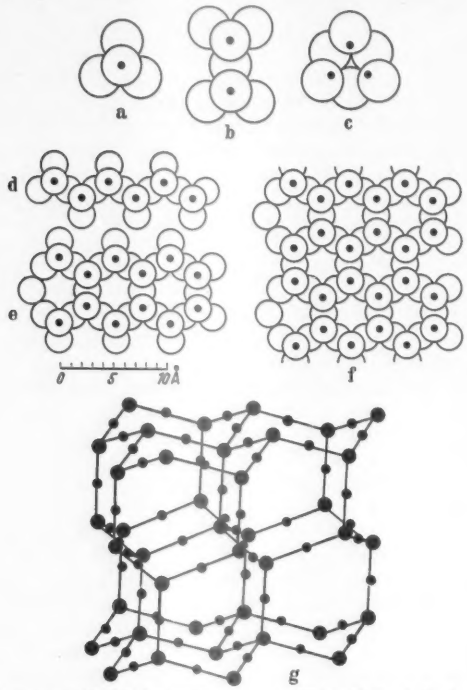


Fig. 1 a—g. Die häufigsten Typen von Silizium-Sauerstoffanionen (a—f: große Kreise Sauerstoff, kleine Silizium in natürlichem Größenverhältnis). a $[SiO_4]^{4-}$, b $[Si_2O_7]^{6-}$, c Ring aus drei $[SiO_4]$-Tetraedern $[Si_3O_9]^{6-}$, d Unendliche Kette aus $[SiO_4]$-Tetraedern $[SiO_3]_x^{2x-}$, e Doppelkette, Band aus $[SiO_4]$-Tetraedern $[Si_4O_{11}]_x^{6x-}$, f Unendliches ebenes Netz aus $[SiO_4]$-Tetraedern $[Si_4O_{10}]_x^{4x-}$, g Räumlich vernetzes $[SiO_4]$-Tetraedergerüst. Struktur des Tridymits $[SiO_2]_x^0$ (kleine Kreise Sauerstoff, große Kreise Silizium).

Grund röntgenographischer Untersuchungen, besonders von W. L. BRAGG [*1*] und seiner Schule, bis in viele Einzelheiten aufgeklärt sind. Daran ändert auch die Tatsache nichts, daß viele empirische Verfahren bekannt sind, mit deren Hilfe aus den natürlichen silikatischen Rohstoffen so wichtige Gebrauchsgüter wie die Glas-, Porzellan-, Ton- und Ziegelwaren oder die Zemente und hochfeuerfesten Materialien zum Teil seit alters her in riesigen Mengen hergestellt werden. Der Grund für diesen merkwürdigen Zustand ist darin zu sehen, daß die Silikate wegen ihres meist komplizierten und hochmolekularen Baues und ihrer damit zusammenhängenden großen Reaktionsträgheit einer direkten und systematischen chemischen Untersuchung besonders schwer zugänglich sind. Dennoch muß es ein Ziel der Chemie und überhaupt der Naturforschung sein, die Zusammenhänge zwischen der Konstitution der einzelnen Vertreter dieser Stoffklasse und ihren chemischen Eigenschaften aufzuklären. Erst dann — und nur dann — wird es möglich sein, das Verhalten dieser Stoffe von Grund auf zu verstehen, ihren vollen technischen Wert zu erkennen und auszunutzen.

Drei Forschungsmethoden sind es, die bisher angewendet wurden, um diesem, wie es schien, auf direktem Wege bisher nicht erreichbaren Ziel näher zu kommen.

1. Die Untersuchung von Modellsubstanzen im Sinne von V. M. GOLDSCHMIDT [*2*], die dem Experiment leichter zugänglich sind, wie etwa die der Alkaliberylliumfluoride,

2. Die Untersuchung von Substanzen mit vermutlich analogem Bau, und zwar die der kondensierten Phosphate, und

3. Die Untersuchung niedermolekularer Silikate bekannter bzw. beweisbarer Konstitution und deren systematische Verwendung zum Aufbau höhermolekularer Verbindungen.

Über die heute vorliegenden Ergebnisse dieser Methoden soll auf freundliche Veranlassung des Herausgebers dieser Zeitschrift im folgenden berichtet werden.

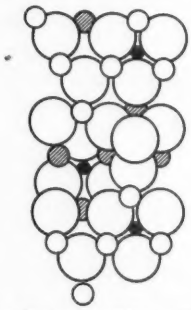


Fig. 2. Struktur des Olivins $Mg_2[SiO_4]$, aus isolierten $[SiO_4]^{4-}$-Anionen und Mg^{2+}-Kationen bestehend. (Große Kreise Sauerstoff, mittelgroße Magnesium- bzw. Eisenionen jeweils im Mittelpunkt eines Oktaeders aus Sauerstoffionen liegend; kleine, schwarze Kreise [nur zum Teil gezeichnet] Silizium im Mittelpunkt von Sauerstofftetraedern.)

Abgesehen von den sog. Alumosilikaten, die Aluminium an Stelle von Silizium im Anionenverband enthalten und von denen hier nicht die Rede sein soll, sind, vom Standpunkt des Chemikers aus, die Silikate als Salze mehr oder weniger hochpolymerer Kieselsäuren anzusehen. Demgemäß bestehen sie aus den negativ geladenen Anionen dieser Säuren, die im Kristallverband durch eine entsprechende Zahl elementarer, positiv geladener Kationen zusammengehalten werden, so wie etwa das allbekannte Bariumsulfat im festen Zustand aus positiv geladenen Ba^{2+}- und negativ geladenen, in sich stabilen, tetraedrisch gebauten $[SO_4]^{2-}$-Ionen besteht. Je nach dem in der Ausgangsschmelze vorliegenden Atomverhältnis der Elemente Sauerstoff und Silizium treten Anionen verschiedenen Baues in das Gitter des auskristallisierenden Silikates ein, von denen die wichtigsten einem der in Fig. 1 zusammengestellten Bautypen angehören.

Das Grundbauprinzip dieser Anionen besteht darin, daß das Silizium dem Sauerstoff gegenüber stets die Koordinationszahl vier hat. Es liegt immer im

Mittelpunkt eines Tetraeders, an dessen vier Ecken sich die Sauerstoffatome bzw. Sauerstoffionen befinden. Reicht der Gehalt der Schmelze an Sauerstoff nicht aus, um aus jedem Siliziumatom ein einfaches tetraedrisches $[SiO_4]^{4-}$-Ion zu bilden, dann bilden sich höher kondensierte Anionen (a bis f), die ihrerseits ebenfalls aus solchen Tetraedern bestehen, welche nun aber durch jeweils zwei Tetraedern gemeinsame Sauerstoffatome miteinander verknüpft sind. Die Kräfte, die diese Anionen, einmal gebildet, zusammenhalten, sind sehr groß, und da außerdem diese Anionen durch meist mehrwertige Kationen zusammengehalten werden, wie z.B. im Olivin Mg_2SiO_4 (Fig. 2) durch je zwei Mg^{2+}-Ionen je $[SiO_4]^{4-}$-Ion, sind die Silikate sehr stabile, chemischen Einflüssen schwer zugängliche Substanzen mit hohen Schmelzpunkten und verschwindend kleiner Löslichkeit in Wasser. Nur die Alkalisilikate und besonders die sauren mit einwertigen Kationen, die sog. Wassergläser, sind leicht löslich. Die Silikate mit Doppelketten- oder Bandanionen (Fig. 1e) sind oft faserig ausgebildet, zu ihnen gehören die Asbestarten. Die mit Schichtenanionen (Fig. 1f) bilden die Gruppe der plattig ausgebildeten Glimmer. Beim Atomverhältnis Si:O = 1:2 sind alle Sauerstoffatome je zwei $[SiO_4]$-Tetraedern gemeinsam. Die entstehenden Gebilde sind die räumlichen Tetraederverbände der verschiedenen SiO_2-Modifikationen Quarz, Tridymit (Fig. 1g) und Cristobalit. Sie sind ungeladen und enthalten dementsprechend keine Kationen.

1. *Modellsysteme.*

Auf Grund der von ihm entdeckten Gesetze der Kristallchemie kam V. M. GOLDSCHMIDT [2] auf die Idee, daß auch die Silikate durch „abgeschwächte" Modelle „abgebildet" werden könnten. Die Eigenschaften der Modelle sollten denen der entsprechenden Silikate gleichen, aber experimentell leichter feststellbar sein. Solche Modelle im GOLDSCHMIDTschen Sinne sind Substanzen, bei denen das Mengen- und Größenverhältnis der Bausteine dasselbe wie im abzubildenden Original ist, bei denen aber die Kräfte, die den Kristall zusammenhalten, bei allen Bindungen um den gleichen Zahlenfaktor kleiner sind. Im Fall von aus Ionen aufgebauten Kristallen müssen die Ladungen aller Einzelionen um den gleichen Anteil kleiner sein als die entsprechenden Ionen im Original. So vermutete GOLDSCHMIDT, daß gewisse Alkaliberylliumfluoride Modelle für entsprechende Silikate sein müßten; z.B. sollte das $NaLi[Be_2F_6]$ als Modell dem $CaMg[Si_2O_6]$ als Original entsprechen, weil das Mengenverhältnis der Ionen und, wie Tabelle 1 zeigt, ihre Radien praktisch gleich sind, die Ladungen der einzelnen Ionen sich aber wie 2:1 verhalten. Demzufolge sollte der Bau analog zusammengesetzter Verbindungen gleich, die sie zusammenhaltenden Kräfte beim Modell aber erheblich kleiner sein. 1941 zeigten O'DANIEL und O'DANIEL und TSCHEISCHWILI [3], daß in bezug auf den Kristallbau eine solche Modellbeziehung in vielen Fällen besteht und dazu verwendet werden konnte [3c], die bis dahin unbekannte Struktur des γ-Ca_2SiO_4 aus der Struktur des Modells γ-Na_2BeF_4 abzuleiten. Als in diesem Sinne sich entsprechend wurden bisher die Paare:

γ-Na_2BeF_4	γ-Ca_2SiO_4
K_2BeF_4	Sr_2SiO_4; Ba_2SiO_4
$NaBeF_3$	β-$CaSiO_3$ (Wollastonit)
$Na_2Li[Be_2F_7]$	$Ca_2Mg[Si_2O_7]$

mit gleichem Bau der Kristalle angegeben. Daß diese Modellbeziehung, die hiermit an Einzelfällen sozusagen statisch erprobt war, von viel allgemeinerer Gültigkeit ist, ergab sich (vgl. E. THILO und Mitarbeiter [4]), beim Vergleich von bisher zwei Systempaaren:

a) dem System $LiF—BeF_2$ mit dem System $MgO—SiO_2$ und

b) dem System $NaF—BeF_2$ mit dem System $CaO—SiO_2$.

Dabei zeigte sich, daß nicht nur die analog zusammengesetzten, stöchiometrischen Verbindungen einander entsprechen, daß vielmehr die Gesamtsysteme, soweit sie bisher untersucht werden konnten, auch ihrer Dynamik nach weitgehend analog sind. Das findet seinen Ausdruck darin, daß alle bisher bekannten Verbindungen und Eutektika im System $MgO \cdot SiO_2$ auch im System $LiF \cdot BeF_2$ auftreten und die Eutektika an den gleichen Stellen liegen und besonders darin, daß alle Temperaturpunkte des Zustandsdiagrammes des einen durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor (2,88) in die des anderen übergehen, wenn man die Temperaturen nach der absoluten Temperaturskala in °K zählt. In Tabelle 2 ist das für die Schmelzpunkte und eutektischen Temperaturen der beiden Systeme gezeigt.

Über diese Analogien hinaus ist der Charakter des Übergangs fest $\rightleftarrows$ flüssig bei sich entsprechenden Verbindungen gleich. So schmelzen z.B. in beiden Systemen die Verbindungen ABX_3 inkongruent, d.h. unter Zersetzung. Bei einem Gehalt von mehr als 50 Mol-% BeF_2 erstarrt das System $LiF—BeF_2$ zunächst glasig, was ebenfalls dem Verhalten der SiO_2-reichen Mischungen im System $MgO—SiO_2$ entspricht.

Tabelle 1. *Ionenradien in Å der für Modellbetrachtungen in der Silikatchemie wichtigsten Ionen.*

Bausteine in den Silikaten	Ionenradius nach PAULING in Å		Bausteine in Fluorberyllaten
O^{2-}	1,40	1,36	F^{1-}
Si^{4+}	0,41	0,31	Be^{2+}
Mg^{2+}	0,65	0,60	Li^{1+}
Ca^{2+}	0,99	0,95	Na^{1+}
Ba^{2+}	1,35	1,33	K^{1+}
S^{2-}	1,84	1,81	Cl^{1-}

Tabelle 2. *Vergleich der Schmelzpunkte und eutektischen Temperaturen im System $MgO—SiO_2$ mit denen des Systems $LiF—BeF_2$. Temperaturangaben in °K. Die sich unter der Voraussetzung der allgemeinen Gültigkeit der Quotientenbeziehung für die bisher unbekannte Verbindung $Mg_2Si_2O_7$ berechnete Schmelztemperatur ist in Klammern gesetzt.*

Vorgang	Schmelzpunkte AX MgO LiF	Eutektika AX/A_2BX_4 MgO/Mg_2SiO_4 LiF/Li_2BeF_4	Schmelzpunkte A_2BX_4 Mg_2SiO_4 Li_2BeF_4	Ink. Schmelzpunkte $A_2B_2X_7$ $Mg_2Si_2O_7$ $Li_2Be_2F_7$	Ink. Schmelzpunkte ABX_3 $MgSiO_3$ $LiBeF_3$	Eutektika ABX_3/BX_2 $MgSiO_3/SiO_2$ $LiBeF_3/BeF_2$
Lage bei Mol-% AX	100	31	33,3	40	50	52
°K im System $MgO—SiO_2$ . .	3073°	2123°	2163°	(2068)°	1830°	1816°
°K im System $LiF—BeF_2$. . .	1118°	733°	748°	718°	638°	633°
Quotient	2,75	2,90	2,88	—	2,86	2,87

Tabelle 3. *Vergleich der Temperaturen der wichtigsten Punkte der Liquiduslinien der Systeme $NaF—BeF_2$ und $CaO—SiO_2$.*

Molverhältnis	Vorgang und Formeltyp	Umwandlungstemperatur in °C				Quotient der Temperaturen in °K
		Fluoridsystem		Silikatsystem		
100:0	Schmelzpunkte AX	NaF	990°	CaO	2572°	2,25
69:31	Eutektika AX/A_2BX_4	NaF/Na_2BeF_4	560°	CaO/Ca_2SiO_4	2065°	2,81
66,6:33,3	Schmelzpunkte A_2BX_4	Na_2BeF_4	578°	Ca_2SiO_4	2130°	2,82
60:40	Zersetzung $A_3B_2X_7$	$Na_3Be_2F_7$	348°	$Ca_3Si_2O_7$	1475°	2,82
55,7:44,3	Eutektika $A_3Be_2X_7/ABX_2$	$Na_3Be_2F_7/NaBeF_3$	340°	$Ca_3Si_2O_7/CaSiO_3$	1455°	2,82
50:50	Schmelzpunkte ABX_2	$NaBeF_3$	372°	$CaSiO_3$	1540°	2,81
38,6:61,4	Eutektika ABX_2/BX_2	$NaBeF_3/BeF_2$	340°	$CaSiO_3/SiO_2$	1436°	2,79
0:100	Schmelzpunkte BX_2	BeF_2	—	SiO_2	1710°	—

Die Daten der Tabelle 2 zeigen, daß die Quotienten der Temperaturen sich entsprechender Vorgänge praktisch konstant gleich 2,82 sind. Nur die reinen Verbindungen AX, also MgO und LiF, machen eine Ausnahme. Diesen Befunden zufolge ergibt sich nun die Möglichkeit, das Verhalten der Mg-Silikate, deren Schmelzpunkte zwischen etwa 1500 und 2800° C liegen, an den Schmelzen der $LiF—BeF_2$-Modelle genau und leicht zu studieren, deren Schmelzpunkte zwischen etwa 350 und 800° C liegen. So ist z. B. zu erwarten, daß in dem bisher unbekannten Teil des Silikatsystems bei 40 Mol-% SiO_2 eine bei 2068° K bzw. 1795° C schmelzende Verbindung $Mg_3Si_2O_7$ auftreten wird.

Ganz entsprechende Ergebnisse brachte die Untersuchung des Systems $NaF—BeF_2$, das dem technisch so besonders wichtigen Schlacken- und Zementsystem $CaO—SiO_2$ entspricht. Auch bei diesem Systempaar haben analoge Verbindungen nicht nur den gleichen Kristallbau, sondern die ganze Dynamik beider Systempaare ist einander in strengem Sinne ähnlich. Auch hier gehen, wenn man wiederum von den binären, reinen Verbindungen absieht, bei Zählung der Temperaturen in °K die Punkte der Liquiduslinie, d. h. der Kurve, die die Abhängigkeit der Schmelzpunkte der Mischungen von CaO und SiO_2 bzw. NaF und BeF_2 in Abhängigkeit von ihrer molaren Zusammensetzung darstellt und die der verschiedenen eutektischen Temperaturen des Fluorberyllatsystems durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor — hier 2,82 — in die entsprechenden Punkte des Silikatsystems über (vgl. Tabelle 3).

Daß der Umrechnungsfaktor vom System $LiF—BeF_2$ zum System $MgO—SiO_2$ 2,88, vom System $NaF—BeF_2$ zum System $CaO—SiO_2$ nur 2,82 beträgt, dürfte damit zusammenhängen, daß er von den Anziehungskräften der Ionen abhängt, die sich beim Vergleich der Systeme mit den kleineren Ionen Li^+ bzw. Mg^{2+} naturgemäß stärker auswirken müssen als beim Vergleich der Systeme mit den größeren Ionen Na^+ bzw. Ca^{2+}.

Während im Li—Mg-Systempaar bisher nur die Gleichgewichte fest $\rightleftarrows$ flüssig beobachtet werden konnten, waren beim Systempaar Na—Ca auch Modifikationsumwandlungen und Reaktionen im festen Zustand der Beobachtung zugänglich. Es zeigte sich, daß sich auch bei diesen Vorgängen die einfache Faktorenbeziehung wenigstens für die Fälle als gültig erweist, für die die entsprechenden Werte für das Silikatsystem als gesichert anzusehen sind (vgl. Tabelle 4).

Nur die für die Zersetzung der Verbindung Ca_3SiO_5 aus dem gefundenen Wert für das Li_3BeF_5 berechnete Temperatur weicht erheblich von der Literaturangabe [5] ab, wobei aber daran zu denken ist, daß die bisher für die untere Stabilitätsgrenze des Ca_3SiO_5 angegebene Temperatur nicht an der reinen Substanz, sondern in einer Schmelze von CaF_2 gemessen worden

Tabelle 4. *Für die Phasenumwandlungen im festen Zustand im System $CaO—SiO_2$ aus den Beobachtungen am System $NaF—BeF_2$ gemäß der Gleichung $t°$ (Silikat) $= 2{,}82t°$ (Fluorid) $+ 497°$ berechneten Temperaturen. Angaben in °C.*

Vorgang	t° beobachtet im Fluoridsystem	t° berechnet für das Silikatsystem	t° beobachtet im Silikatsystem
$AX + A_2BX_4 \rightarrow A_3BX_6$	$478 \pm 5°$	$1837 \pm 15°$	1900°
$A_3BX_6 \rightarrow AX + A_2BX_4$	$420 \pm 5°$	$1681 \pm 15°$	1250°
$\alpha\text{-}A_2BX_4 \rightleftarrows \beta?\text{-}A_2BX_4$	$326 \pm 5°$	$1416 \pm 15°$	1420°
$\beta\text{-}A_2BX_4 \rightarrow \gamma\text{-}A_2BX_4$	$\leq 70°$	$< 694°$	675°
$\gamma\text{-}A_2BX_4 \rightarrow \gamma'?\text{-}A_2BX_4$	$187 \pm 5°$	$1025 \pm 15°$	> 750; $< 1200°$
$\alpha\text{-}ABX_2 \rightleftarrows \beta\text{-}ABX_2$	$250 \pm 5°$	$1202 \pm 15°$	$\sim 1190°$

ist. Die Gesamtheit dieser Befunde scheint so eindeutig für die Realität der Goldschmidtschen Modellbeziehung auch im dynamischen Sinne zu sprechen, daß sie zum Ausgangspunkt des Studiums der für die Zementindustrie besonders wichtigen und zahlreichen Modifikationen der $A_2[BX_4]$-Verbindungen am Beispiel des $Na_2[BeF_4]$ gemacht worden sind [6]. Wie demnächst an anderer Stelle berichtet werden wird, gelingt es auf diese Weise tatsächlich, die bisher sehr undurchsichtigen und träge verlaufenden gegenseitigen Umwandlungen der verschiedenen Modifikationen dieser wichtigen Verbindungen zu klären. Darüber hinaus ist zu erwarten, daß die Untersuchung weiterer geeigneter Alkalifluoroberyllate die Phasenbeziehungen in experimentell schwer zugänglichen Silikat- bzw. Schlackensystemen relativ leicht aufdecken wird. Dies würde dann besonders wertvoll sein, wenn sich auch sulfidhaltige Silikatsysteme zweiwertiger Kationen durch chloridhaltige Alkaliberylliumfluoride abbilden lassen, was auf Grund der praktischen Gleichheit der Ionenradien von Cl^-- und S^--Ionen (vgl. Tabelle 1) zu erwarten ist.

2. *Silikatanaloge Verbindungen.*

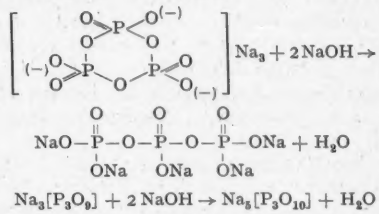
Die überwiegende Mehrzahl der natürlichen Silikate ist aus Schmelzen entstanden. Welcher Typ von Verbindungen sich dabei bildet, hängt, wie schon gesagt, in erster Linie vom Silizium—Sauerstoff-Verhältnis in der Schmelze ab, ein Befund, dem die Beobachtungen an den Modellsubstanzen in bezug auf das Be:F-Verhältnis völlig entsprechen und der seine Erklärung darin findet, daß das Silizium danach strebt, stets tetraedrisch von Sauerstoff umgeben zu sein, auch dann, wenn für jedes Si-Atom weniger als vier O-Atome zur Verfügung stehen. Dasselbe gilt für das Beryllium in bezug auf die Fluoratome. Dadurch wird die Untersuchung von Modellen zu einem wertvollen Hilfsmittel für die Aufklärung von Tatbeständen. Sie liefert aber, zunächst wenigstens, noch keine Hilfe bei der Aufklärung der Strukturen. Dazu ist ein systematischer Auf- oder Abbau der betreffenden Verbindungen die notwendige Voraussetzung. Da ein derartiger Auf- oder Abbau von Silikaten und auch

Fluoroberyllaten zunächst als aussichtslos erschien, lag es nahe, chemisch leichter zu handhabende Verbindungen zu untersuchen, bei denen der gleiche oder zumindest ein ähnlicher Bau zu erwarten war.

Als eine diesen Anforderungen entsprechende Verbindungsklasse erwiesen [7] sich die mehr oder weniger hoch kondensierten Phosphate, von denen die sog. Metaphosphate der Zusammensetzung $(NaPO_3)_x$ seit langem bekannt, ihrem Bau nach aber bis vor kurzem unerkannt waren. Die Vermutung, daß gerade die Phosphate und Polyphosphate den Silikaten entsprechen würden, wurde dadurch nahegelegt, daß der Phosphor, genau wie das Silizium, dem Sauerstoff gegenüber stets die Koordinationszahl vier hat. Die Untersuchung der nach dem Schema aus saurem Natriummonophosphat

$$\left.\begin{aligned} x \cdot Na[H_2PO_4] &\xrightarrow{\geqq 150^\circ} \frac{x}{2}\, Na_2[H_2P_2O_7] + \\ + \frac{x}{2}\, H_2O &\xrightarrow{> 250^\circ} (NaPO_3)_x + x\, H_2O \end{aligned}\right\} \quad \text{(I)}$$

durch Kondensation unter Abspaltung von Wasser über das saure Diphosphat $Na_2H_2[P_2O_7]$ entstehenden kondensierten Phosphate zunächst unbekannter Anionengröße zeigte, daß sich dabei, je nach den Bedingungen von Temperatur und Aufheizgeschwindigkeit, verschiedene Substanzen bilden, die ihrem Bau nach wohlbekannten Typen von Silikaten entsprechen. Die wichtigsten sind das sog. Trimetaphosphat $Na_3[P_3O_9]$ und das MADDRELLsche Salz $(NaPO_3)_x \cdot H_2O$. Ersteres ist wasserlöslich, letzteres unlöslich in Wasser. Durch Aufspaltung mit Laugen geht das Trimetaphosphat nach der Gleichung:

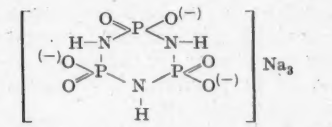


$$Na_3[P_3O_9] + 2\,NaOH \rightarrow Na_5[P_3O_{10}] + H_2O \quad \text{(II)}$$

in das schon länger bekannte Triphosphat $Na_5[P_3O_{10}]$ über, das seinerseits mit ammoniakalischer Magnesiamixtur nach

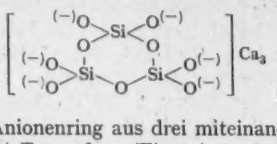
$$Na_5[P_3O_{10}] + 3\,MgCl_2 + 2\,NH_3 + H_2O \rightarrow MgNH_4[PO_4] + Mg_2[P_2O_7] + 5\,NaCl + NH_4Cl$$

in je ein Mol Magnesiumammoniumphosphat und Magnesiumdiphosphat (Pyrophosphat) zerfällt. Daraus ergibt sich, daß das Trimetaphosphat drei P-Atome im Anion enthält. Daß dieses Anion außerdem ringförmig gebaut ist, geht, abgesehen von der Zusammensetzung, auch daraus hervor, daß es aus dem Trimetaphosphimat



(III)

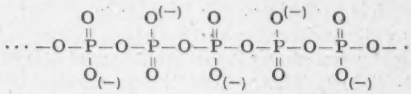
$Na_3P_3N_3H_3O_6$ durch Behandeln mit Wasserdampf in quantitativer Ausbeute entsteht, für das die Ringstruktur von BODE [8] bewiesen wurde. Diesen Beobachtungen zufolge entspricht das Natrium-trimetaphosphat $Na_3[P_3O_9]$ dem Wollastonit $Ca_3[Si_3O_9]$



(IV)

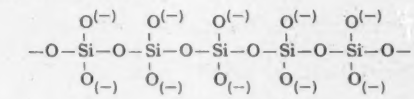
mit einem Anionenring aus drei miteinander kondensierten (SiO_4)-Tetraedern (Fig. 1c).

Der Konstitutionsbeweis für das in Wasser unlösliche MADDRELLsche Salz ergab sich aus dem Verhalten von arsenhaltigen Mischverbindungen der Zusammensetzung $(Na(As, P)O_3)_x$, in denen das Verhältnis As:P die Werte 1:1 bis 1:4 hatte. Die sich aus den Schmelzen von $(NaAsO_3)_x$ und $(NaPO_3)_x$ bildenden, mit dem MADDRELLschen Salz kristallographisch isomorphen Arsenatopolyphosphate werden durch Wasser leicht hydrolytisch gespalten. Dabei entstehen, je nach dem Gehalt an Phosphor, neben Monoarsenat Monophosphat- oder die kettenförmigen Anionen der Di-, Tri- oder Tetraphosphorsäure, was eindeutig zu dem Schluß führt, daß das MADDRELLsche Salz ein kettenförmiges Anion der Konstitution



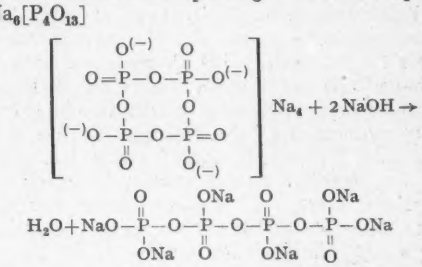
(V)

enthält, in dem unendlich viel PO_4-Tetraeder über O-Atome miteinander verknüpft sind. Diesen Befunden zufolge entspricht das MADDRELLsche Salz $(NaPO_3)$ den Silikaten mit Kettenanionen, z. B. dem Enstatit $(MgSiO_3)_x$ oder dem Pseudowollastonit $(CaSiO_3)_x$, die ebenfalls Ketten aus sehr vielen (SiO_4)-Tetraedern als Anionen enthalten:



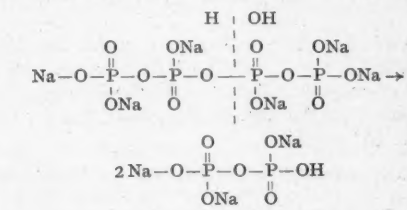
(VI)

Für das Tetrametaphosphat $Na_4[P_4O_{12}]$ wurde durch seine alkalische Aufspaltung in das Tetraphosphat $Na_6[P_4O_{13}]$



(VII)

und dessen Hydrolyse zum Trinatriumdiphosphat



(VIII)

der Aufbau aus vier miteinander kondensierten PO_4-Tetraedern bewiesen.

Durch diese rein chemischen Versuche war gezeigt, daß der Bau der Polyphosphate tatsächlich dem bisher nur röntgenographisch bewiesenen Bau der Silikate entspricht. Daß übrigens die Art der Polyphosphatanionen, die sich bei der Kondensation bilden, nicht nur von den Entwässerungsbedingungen, sondern auch von der Art der Kationen, die im Ausgangsmaterial enthalten sind, abhängt, ist eine schon mehrfach beobachtete Tatsache, die ebenfalls den Befunden an den Silikaten entspricht, bisher allerdings noch nicht ausführlich genug untersucht ist, um eindeutige Schlüsse darauf aufzubauen. Dieser Tatsachen wegen lag die Vermutung nahe, daß der mit Abspaltung von Wasser vor sich gehende Kondensationsmechanismus, der von den sauren Monophosphaten zu den eben genannten und noch einigen weiteren Polyphosphaten führt, bei entsprechend gebauten Silikaten auch zum Aufbau von Polysilikaten geeignet sein sollte.

3. Der Aufbau polymerer Silikate aus sauren Salzen niedermolekularer Kieselsäuren.

Daß den sauren Phosphaten entsprechende saure Silikate existieren, wurde bisher im allgemeinen mehr oder weniger stillschweigend in Abrede gestellt, und man formulierte derartige Verbindungen bisher als Hydrate nicht definierbarer Polysilikate[1]); das $Ca[H_2SiO_4]$ z. B. als $CaSiO_3 \cdot H_2O$. Eine Untersuchung [*9*] des $CaNa_2[SiO_4]$, das sich aus $CaCO_3$, Na_2CO_3 und SiO_2 durch Reaktion im festen Zustand leicht herstellen läßt und nach BARTH und POSNJACK [*10*] isolierte $[SiO_4]^{4-}$-Tetraeder als Anionen enthält, zeigte aber, daß saure Silikate sehr wohl bestehen und unter geeigneten Bedingungen völlig analog zu den sauren Phosphaten unter Bildung kondensierter Silikate reagieren.

Behandelt man das $CaNa_2[SiO_4]$ mit dampfförmigem Wasser bei 180°, so geht es als Salz der sehr schwachen Kieselsäure $Si(OH)_4$ nach:

$$CaNa_2[SiO_4] \xrightarrow[180^\circ]{H_2O\text{-Dampf}} CaNa[HOSiO_3] + NaOH \qquad \text{(IX)}$$

in eine Verbindung $CaNa[HSiO_4]$ über, die ihrer Zusammensetzung nach sowohl das Monohydrat eines Disilikates $Ca_2Na_2[Si_2O_7] \cdot H_2O$ als auch das einfach saure Ca—Na-Salz der Monokieselsäure sein könnte. Dafür, daß die zweite Annahme zutrifft, spricht außer dem Debyeogramm des $CaNa[HSiO_4]$, das dem des $Na_2[SO_4]$ zum Verwechseln ähnlich ist, und einigen anderen Eigenschaften sein reversibler Übergang in das zweifach saure, in Wasser schwer lösliche $Ca[H_2SiO_4]$, beim Behandeln mit Wasser bei 100°. Daß dem $Ca[H_2SiO_4]$ die Konstitution

$$Ca\left[\begin{matrix} O \\ O \end{matrix}\!\!>\!Si<\!\!\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}\right] \qquad \text{(X)}$$

eines zweifach sauren Salzes und nicht die eines „Metasilikathydrates" $CaSiO_3 \cdot H_2O$ zukommt, ergab sich aus einer großen Zahl von Beobachtungen, von denen seine Reaktion mit Na-Alkoholat, bei der sich schon bei 80° gemäß

$$Ca[H_2SiO_4] + NaOC_2H_5 \rightarrow CaNa[HSiO_4] + C_2H_5OH \qquad \text{(XI)}$$

das oben genannte $CaNa[HSiO_4]$ zurückbildet, das stärkste Argument lieferte. Da eine Verbindung $CaSiO_3 \cdot H_2O$ wegen der Koordinationszahl vier des Siliziums dem Sauerstoff gegenüber notwendig als das Salz einer kondensierten Kieselsäure $(H_2SiO_3)_x$ aufgefaßt werden muß, würde die „Alkoholatreaktion" verlangen, daß (Si—O—Si)-Bindungen schon bei 80° durch Alkoholat gespalten werden können. Daß dies nicht möglich ist, ergaben zahlreiche Versuche und die Beobachtung, daß (Si—O—Si)-Bindungen sogar von Wasser erst bei 180° mit meßbarer Geschwindigkeit hydrolysiert werden.

Mit diesen bisher nicht bekannten bzw. ihrer Konstruktion nach nicht erkannten Verbindungen lagen zwei Substanzen vor, die den entsprechenden Na-Phosphaten strukturanalog sind:

$Na_2[HPO_4]$ entspricht $CaNa[HSiO_4]$

$Na[H_2PO_4]$ entspricht $Ca[H_2SiO_4]$

und die erwartungsgemäß auch Reaktionen zeigten, die denen der entsprechenden Phosphate gleichen.

Wie das $Na_2[HPO_4]$ beim Entwässern in das Diphosphat $Na_4[P_2O_7]$ übergeht, bildet sich aus dem $CaNa[HSiO_4]$ das Disilikat $Ca_2Na_2[Si_2O_7]$ unter Austritt von Wasser bei 350°, einer Temperatur, bei der eventuelles Kristallwasser längst abgegeben sein müßte.

Das Hauptentwässerungsprodukt des $Na[H_2PO_4]$ ist das oben genannte Trimetaphosphat $Na_3[P_3O_9]$ mit dem ringförmigen Anion aus drei PO_4-Tetraedern. Völlig analog verläuft die Entwässerung des $Ca[H_2SiO_4]$. Bei 750° geht es unter starker Wärmeentwicklung in den Wollastonit $Ca_3[Si_3O_9]$ über, dessen Anion aus drei zu einem Ring vereinigten $[SiO_4]$-Tetraedern [Fig. 1c und Formel (VI)] besteht. Erhitzt man das $Ca[H_2SiO_4]$ in verdünntem Kalkwasser auf 180° im Autoklaven, so bildet sich der Xonotlith $Ca_4[H_2Si_4O_{13}]$, das zweifach saure Kalziumsalz der Tetrakieselsäure, die der oben genannten Tetraphosphorsäure [Formel (VII)] entspricht.

Daß dem MADDRELLschen Salz $(NaPO_3)_x$ entsprechende Ca-Silikat entsteht beim Erhitzen des molekular fein verteilten Gemenges aus $CaCO_3$ und SiO_2aq, das beim Liegen des $Ca[H_2SiO_4]$ an feuchter, CO_2-haltiger Atmosphäre entsteht, wenn man es auf 750° erhitzt. Daß diese, unter dem Namen Pseudo- oder α-Wollastonit bekannte Verbindung wie das MADDRELLsche Salz ein kettenförmiges Anion aus vielen $[SiO_4]$-Tetraedern [Fig. 1d und Formel (VI)] enthält, konnte aus dem Vergleich der Molekularvolumina sich entsprechender Metaphosphate und -silikate abgeleitet werden.

Außer an diesen Verbindungen und ihren Bildungsweisen erwies sich die Analogie zwischen den Phosphaten und Silikaten vom chemischen Standpunkt aus auch insofern als gültig, als bei beiden Verbindungsgruppen diejenigen mit ringförmigen Anionen erheblich stabiler als die mit kettenförmigen Anionen sind und für beide gilt, daß die Temperatur, die zur Abspaltung von Wasser aus den sauren Salzen führt, um so höher liegt, je größer die Gliederzahl der Anionen der sauren Salze ist.

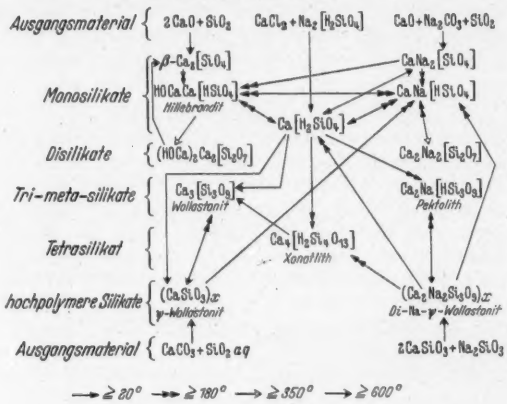
Daß für die Beziehungen zwischen den Polyphosphaten und Polysilikaten eine echte Gesetzmäßigkeit vorliegt, ergibt sich aus Tabelle 5, in der die Temperaturen in °K verglichen werden, bei der einander sich

[1]) Nur das „Kurze Lehrbuch der anorganischen Chemie" von G. JANDER und H. SPANDAU, Berlin: Springer 1940, scheint von diesem Gebrauch eine Ausnahme zu machen, indem das „$Na_2SiO_3 \cdot 9\,H_2O$" als „$Na_2H_2SiO_4aq$" formuliert wird.

Tabelle 5. *Vergleich der Mindesttemperaturen, bei denen die wichtigsten Typen von Reaktionen sich entsprechender Phosphate und Silikate mit gut meßbarer Geschwindigkeit ablaufen.*

Reaktionstyp	Silikate		Phosphate		°K Silikate / °K Phosphat
	°K	°C	°K	°C	
Salzhydrolyse	≧ 350	≧ 80	~ 300	20	1,17
Hydrolytische Spaltung der (X—O—X)-Bindung	~ 450	~ 180	~ 370	100	1,22
Kondensation	≧ 620	≧ 350	≧ 520	≧ 250	1,19
Umordnung der Anionenverbände	≧ 920	≧ 650	~ 780	~ 500	1,18
				Mittel:	1,19

Tabelle 6. *Bisher festgestellte Kondensations- und Hydratationsreaktionen im System CaO, Na_2O, H_2O, SiO_2. Die Temperaturgebiete, in denen die Umwandlungen mit meßbarer Geschwindigkeit verlaufen, sind durch Pfeile verschiedener Formen gekennzeichnet (Erklärung der Pfeile unter dem Bild).*



entsprechende Reaktionen mit merkbarer Geschwindigkeit ablaufen. Analoge Reaktionen setzen bei den Na-Silikaten bei einer um etwa 20% höheren absoluten Temperatur ein als bei den Na-Phosphaten.

Auf Grund dieser Beziehungen zwischen beiden Stoffgruppen wurde ein Gebiet zugänglich, das dem Chemiker bisher verschlossen schien. Das Schema der Tabelle 6 mag einen Eindruck davon geben, welcher Reaktionen und Umwandlungen Silikate fähig sind. Bei der Aufdeckung der in Tabelle 6 zusammengestellten gegenseitigen Umwandlungen spielte die Annahme der Realität der sauren, am Silizium haftenden Hydroxylgruppen eine ausschlaggebende Rolle. Nach neuen, noch nicht publizierten Beobachtungen kommt ihnen eine weit größere Bedeutung zu, als man zunächst vermuten konnte.

Literatur.

[1] BRAGG, W. L.: The Structure of Silicates. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1930. — [2] GOLDSCHMIDT, V. M.: Geochem. Verteil. Gesetze 8, 129 (1926). — [3] O'DANIEL u. Mitarb.: (a) Z. Kristallogr., A **103**, 178 (1941). — (b) Zement **30**, 540 (1941). — (c) Z. Kristallogr., A **104**, 124 (1942). — (d) Z. Kristallogr., A **104**, 348 (1942). — (e) Naturwiss. **31**, 209 (1943). — (f) Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont., A **1945—1948**, 56. — (g) Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont., A **1945—1948**, 65. — [4] (a) THILO, E., u. H. A. LEHMANN: Z. anorg. u. allg. Chem. **258**, 332 (1949). — (b) THILO, E., u. H. SCHRÖDER: Z. physik. Chem. (im Druck). — [5] EITEL, W.: Z. angew. Mineral. **1**, 276 (1938). — [6] THILO, E., u. F. LIEBAU Erscheint demnächst in Z. anorg. Chem. — [7] (a) THILO, E., u. R. RÄTZ: Z. anorg. u. allg. Chem. **258**, 33; **260**, 255 (1949). — (b) THILO, E., u. I. PLAETSCHKE: Z. anorg. u. allg. Chem. **260**, 297, 315 (1949). — (c) THILO, E., u. U. HAUSCHILD: Z. anorg. u. allg. Chem. **261**, 324 (1950). — (d) THILO, E.: Forschungen u. Fortschr. **26**, 284 (1950). — [8] BODE, H.: Z. angew. Chem. **60**, 67 (1948). — [9] (a) THILO, E., H. FUNK u. E. M. WICHMANN: Abh. dtsch. Akad. Wiss., Berlin: Über neutrale und saure Salze niedrigmolekularer Kieselsäuren und ihre Kondensationsprodukte. Berlin: Akademieverlag 1951 (im Druck). — (b) THILO, E., u. H. FUNK: Z. anorg. u. allg. Chem. **262**, 185 (1950). — (c) THILO, E.: Wege zu einer Konstitutionschemie der Silikate. Z. angew. Chem. **1951** (im Druck). — [10] BARTH, F. W., u. E. POSNJACK: Z. Kristallogr. **81**, 370 (1932).

I. Chemisches Institut der Humboldt-Universität Berlin.

Eingegangen am 9. März 1951.

Interplanetare Materie.

Von C. HOFFMEISTER, Sonneberg i. Thür.

Unser modernes Bild des Planetensystems ist bereits von KOPERNIKUS und KEPLER entworfen worden, insoweit es sich auf die Großkörper — Sonne und Große Planeten — bezieht. Die Entdeckung dreier Planeten in der Zeit nach KEPLER, und zwar Uranus 1781, Neptun 1846, Pluto 1930, bedeutete eine Erweiterung des Systems, aber keinen grundsätzlich neuen Wesenszug. Auch die Entdeckung der ersten Kleinen Planeten oder Planetoiden in der Lücke zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter fügte sich zunächst zwanglos in das alte Bild ein. Wurden doch diese Körper als ein Ersatz des nach der TITIUS-BODEschen Regel bei einem Abstand von der Sonne von 2,8 astronomischen Einheiten (mittlere Erdbahnradien) zu erwartenden Großplaneten angesehen und sehr ernsthaft die Hypothese erörtert, daß ein solcher Planet durch eine Katastrophe zertrümmert worden sei und den Ring der Kleinplaneten gebildet habe.

Das Verzeichnis der Kleinen Planeten für das Jahr 1951 [1] weist 1568 numerierte, d.h. als gesichert anzusehende, Objekte auf. Wenn man jedoch in Betracht zieht, daß darüber hinaus wohl mindestens 4000 Körper beobachtet worden sind, ohne daß ihre Bahnen gesichert werden konnten, und daß nach Versuchen mittels des 100-inch-Reflektors auf Mount Wilson die Gesamtzahl der diesem Instrument zugänglichen Kleinen Planeten, bis etwa zur 20. Sterngröße, auf 40000 bis 50000 geschätzt wird, so erscheinen uns diese Körper in ihrer Stellung zum Planetensystem doch in einem anderen Lichte: sie werden Bindeglieder zwischen den Großplaneten und den eigentlichen Kleinkörpern des Systems.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß auch die ursprünglichen räumlichen Grenzen des Systems der Kleinen Planeten nach innen und außen durch Neuentdeckungen erheblich überschritten wurden. Den kleinsten bekannten mittleren Abstand von der Sonne hat gegenwärtig der 1949 gefundene unnumerierte Planet Ikarus mit 1,08 und 13,5 Monaten Umlaufszeit, den größten der Planet 944 Hidalgo mit 5,7 astronomischen Einheiten (Erde 1,00, Mars 1,52, Jupiter 5,20). Sonnennahe Kleine Planeten, deren große Halbachsen die Einheit wenig überschreiten, kennt man mehrere. Allen diesen extremen Fällen

einschließlich des Hidalgo ist aber eine so große Exzentrizität ihrer Bahnen eigen, daß ihre Bewegung durchaus in den klassischen Bereich der Kleinen Planeten hineinreicht. So ist noch kein Planetoid bekannt, dessen Bahn ganz innerhalb der Marsbahn oder ganz jenseits der Jupiterbahn läge. Nach den bisherigen Erfahrungen ist es aber wohl sicher, daß die Anzahl derjenigen Planeten, die der Sonne näher kommen können als die Erde, keineswegs gering ist. Da diese Körper, deren Durchmesser von der Größenordnung 1 km sind, nur beobachtet werden können, wenn sie der Erde sehr nahe stehen, ist die Entdeckungswahrscheinlichkeit sehr klein und die Möglichkeit der Auffindung auf jene beschränkt, deren Bahnen die Erdbahn in sehr geringem Abstand passieren.

Wichtig ist, daß die nach verschiedenen Methoden abgeschätzte Gesamtmasse der Kleinen Planeten mit etwa 0,001 bis 0,002 der Erdmasse außerordentlich gering herauskommt und in keiner Weise geeignet wäre, einen fehlenden Großplaneten zu ersetzen.

Als interplanetare Körper können auch die Kometen angesehen werden. Wir sehen hier ab von denjenigen, die das Sonnensystem in parabelnahen Bahnen durchlaufen, und lassen die Frage unerörtert, ob sie als Glieder des Sonnensystems oder als interstellare Fremdlinge zu betrachten seien. Eine ganze Anzahl von sog. periodischen Kometen bewegt sich jedoch in geschlossenen Bahnen um die Sonne und trägt durch allmähliche Auflösung der Kerne dazu bei, den interplanetaren Raum mit diskreten Massen zu erfüllen. Das Verzeichnis der in mehr als einer Wiederkehr beobachteten periodischen Kometen umfaßt gegenwärtig 38 Fälle. Die Umlaufszeiten liegen zwischen 3,28 Jahren (Enckescher Komet) und 76,03 Jahren (Halleyscher Komet), entsprechend den großen Halbachsen 2,21 bzw. 17,95. Von Interesse ist besonders die reiche Gruppe periodischer Kometen, die man die Jupiterfamilie nennt. Die Körper dieser Gruppe sind offenbar ursprünglich parabolische Kometen gewesen, die durch die Gravitationswirkung des größten der Planeten für das Sonnensystem eingefangen worden sind. Die großen Halbachsen streuen um einen Mittelwert bei 3,5, so daß die sonnenfernsten Punkte der Bahnen in der Gegend der Jupiterbahn liegen. Die Umlaufszeiten sind in der Regel 5 bis 8 Jahre. Die dann und wann angezweifelte Einfanghypothese dürfte nach einer kürzlichen Neubearbeitung durch van Woerkom [*2*] endgültig bestätigt sein. Trotz der Instabilität mancher Bahnen darf man die periodischen Kometen in dieser Betrachtung als permanente Glieder des Sonnensystems ansehen.

Eine dritte Gruppe von Körpern im Rahmen unserer Übersicht sind die Meteorite als diejenigen Körper, die in der Erdatmosphäre die Erscheinungen der Meteore hervorrufen, wenn sie bei zufälligem Eindringen durch Zusammenstöße mit den Molekeln und Atomen der Luft erhitzt und verdampft werden. Sie gliedern sich in mindestens drei Gruppen:

1. Meteorite mit parabelnahen oder hyperbolischen Bahnen, zum Teil wahrscheinlich interstellaren Ursprungs.

2. Kometarische Meteorite, aus der Auflösung der Kernwolken der Kometen herrührend, mit den beiden Untergruppen:

a) Kometarische Strommeteorite.

b) Kometarische Streumeteorite, d.h. im wesentlichen solche, die durch Störungen so stark aus ihren ursprünglichen Bahnen abgelenkt sind, daß der Zusammenhang nicht mehr erkennbar ist.

3. Planetarische Meteorite, deren Bahnen eine Beziehung zum System der Kleinen Planeten andeuten und sich prinzipiell nicht unterscheiden von den Bahnen jener Planetoiden, deren Perihele (sonnennächste Punkte) innerhalb der Erdbahn liegen. Auch hier erscheint die Unterscheidung von Strom- und Streumeteoriten berechtigt.

Wegen weiterer Einzelheiten über Meteore und Meteorite kann auf einen Aufsatz des Verfassers im 36. Jahrgang dieser Zeitschrift verwiesen werden [*3*]. Die neuesten Arbeiten der englischen Physiker der Jodrell Bank Experimental Station, University of Manchester, bestätigen im vollen Umfang die Existenz eines komplizierten Systems planetarischer Meteorströme, wobei neben den Ekliptikalströmen auch größere Neigungen der Bahnen, bis zu 34°, gefunden wurden [*31*].

Wir wenden uns nunmehr dem *Zodiakallicht* zu. Es erfüllt den ganzen Gürtel der Ekliptik am Himmel mit diffuser Helligkeit. Gegen die Sonne hin zeigt diese eine so starke Zunahme und Ausbreitung senkrecht zur Ekliptik, daß bei steiler Lage der letzteren gegen den Horizont der Eindruck eines auf breiter Basis stehenden, nach oben hin spitz zulaufenden, hoch hinaufreichenden Lichtscheins zustande kommt. Dem Fernstehenden möchte es scheinen, als sei die Natur des Zodiakallichts stark umstritten. Man begegnet nicht wenigen Versuchen, das materielle Substrat des Lichtscheins in eine nahe Verbindung zur Erde zu bringen, sei es, daß man Reflexion des Sonnenlichts an einer in der Ebene der Ekliptik erweiterten hohen Atmosphäre oder Emissionsleuchten in einem Elektronenschweif und einer terrestrischen Korona annimmt. Mehreren dieser Erklärungsversuche ist gemeinsam, daß sie nur bestimmte Wesenszüge des Zodiakallichts in Betracht ziehen und von Autoren herrühren, die auf anderen Gebieten arbeiten und das Zodiakallichtproblem nebenbei lösen wollen. Begünstigt werden solche Tendenzen durch die relativ schwere Angreifbarkeit der Erscheinung für den Beobachter. Wenn man jedoch alle Einzelheiten in Betracht zieht, und zwar Lichtverteilung, Lage der Achse, Konstanz der Erscheinung, Parallaxe, Spektrum, Polarisation, Farbenindex, so kommt man zwangsläufig zu der alten Auffassung zurück, die als Ursache des Leuchtens die Reflexion des Sonnenlichts an einer interplanetaren Staubwolke annimmt. Allerdings führt die Einbeziehung des Lichtabfalls senkrecht zur Ekliptik nach Untersuchungen des Verfassers zu einer wesentlichen Abweichung von der früheren Annahme [*4*]: man muß zwei Dichtemaxima einführen, das eine bei oder innerhalb der Venusbahn, das andere außerhalb der Erdbahn. Letzteres kann näher lokalisiert werden auf Grund der Erkenntnis, daß der Massenäquator dieser äußeren Teile der Wolke im wesentlichen durch die Ebene der Jupiterbahn bestimmt wird, ein dynamisch sehr einleuchtendes Resultat. Es ist zu beachten, daß die Annahme der Erdbahnebene als Grundebene für die Beschreibung der Bewegungen im Sonnensystem an sich völlig willkürlich und nur aus praktischen Gründen, vor allem wegen der Reproduzierbarkeit,

eingeführt worden ist. Eine nicht willkürliche Fundamentalebene wäre nur die sog. LAPLACEsche unveränderliche Ebene, deren Lage in der Hauptsache durch die Bahn des massenstärksten Planeten, Jupiter, beeinflußt ist. Allein die erstmalig eindeutig vom Verfasser im Jahre 1930 erkannte und seitdem von H. U. SANDIG [5] bestätigte gesetzmäßige Abweichung der Symmetrielinie des Zodiakallichts von der Ekliptik sollte daher als ein deutlicher Hinweis auf extraterrestrische Zuordnung der reflektierenden Massen gewertet werden.

In der mechanischen Theorie des Planetensystems hat das Zodiakallicht vorübergehend eine Rolle gespielt, als H. v. SEELIGER versuchte, die später auf Grund der Relativitätstheorie gedeutete zusätzliche Perihelstörung des Merkur durch die Annahme hypothetischer Massen innerhalb der Merkurbahn zu erklären [6], [7]. Der von ihm errechnete Massenwert ist $3{,}5 \cdot 10^{-7}$ Sonnenmassen. Eine Abschätzung der Masse des Zodiakallichts auf Grund der Theorie von HOFFMEISTER hat H. VAN SCHEWICK ausgeführt [8]. Selbstverständlich hängt das Resultat in stärkstem Maße von der Annahme über die Teilchengröße ab. Es lassen sich jedoch Gründe dafür angeben, daß die Teilchen klein sind, jedoch nicht so klein, daß selektive Streuung auftritt. Teilchengrößen von 10^{-1} bis 10^{-3} cm führen für den Bereich innerhalb der Erdbahn zu Gesamtmassen von $4 \cdot 10^{-11}$ bis $4 \cdot 10^{-13}$ in Einheiten der Erdmasse und Dichten in der Gegend der Venusbahn von $3 \cdot 10^{-17}$ bis $3 \cdot 10^{-19}$ g · cm^{-3}. Die außerhalb der Erdbahn liegenden Massen dürften von derselben Größenordnung sein wie die Masse des inneren Körpers, so daß man als Gesamtmasse einen Wert von etwa 10^{-17} der Sonnenmasse und 10^{-11} der Erdmasse erhält.

Eine noch ältere historische Reminiszenz knüpft sich an die Bewegungsanomalie des ENCKEschen Kometen. ENCKE selbst war es, der zuerst die Idee einer Wirkung interplanetarer Materie als widerstehendes Mittel verfolgte, die auf Grund späterer Erfahrungen wieder verlassen wurde. Man vergleiche besonders die Darstellung von S. OPPENHEIM in seiner „Kritik des NEWTONschen Gravitationsgesetzes" [9]. Die neuerlich von WHIPPLE vertretene Erklärung der Bewegungsanomalien der Kometen aus inneren Vorgängen, besonders Rückstoßkräften, ist bereits 1836 von BESSEL vorgeschlagen worden [10].

Die fünfte Gruppe von Körpern, die diese Betrachtung umschließt, verrät ihre Existenz nur indirekt durch die Wirkungen, die sie in der hohen Atmosphäre der Erde ausübt. Es sind die Kleinstkörper des interplanetarenRaumes, sehr feiner Staub, dessen Teilchengrößen unterhalb der Grenze liegen, bei der ein Meteorit noch als Meteor aufzuleuchten vermag. Sichtbare Folge solcher Staubeinbrüche ist die Erscheinung der *Leuchtstreifen* (Fig. 1), meist schwacher und schwer erkennbarer, seltener mit mäßig hoher Intensität auftretender Erhellungen des Nachthimmels, die sich vom Polarlicht vor allem dadurch unterscheiden, daß sie nur langsam veränderlich und nicht mit magnetischen Störungen verbunden sind. Nach den Untersuchungen des Verfassers [11] findet das Leuchten in absinkenden kondensierten Schichten statt, nachdem die Teilchen in größeren Höhen, wahrscheinlich über 200 km, durch die Zusammenstöße mit den Korpuskeln der Luft gehemmt und zum Teil molekular aufgelöst worden sind. Die Leuchtzone liegt nach bisherigen Ermittlungen zwischen 90 und 180 km mit einem Maximum bei etwa 125 km Höhe. Die Energie des Leuchtens wird aus dem Vorrat an

Fig. 1. Leuchtstreifen, 1944 Dezember 23/24. Aufnahme: Sternwarte Sonneberg. Sternspuren: die Sternbilder Aries und Triangulum, Teile von Andromeda und Perseus; Nordwesthimmel.

gespeicherter Sonnenenergie der Atmosphäre entnommen, wobei die Staubteilchen offenbar als neutrale Stoßpartner wirken. Die Streifenform beruht auf

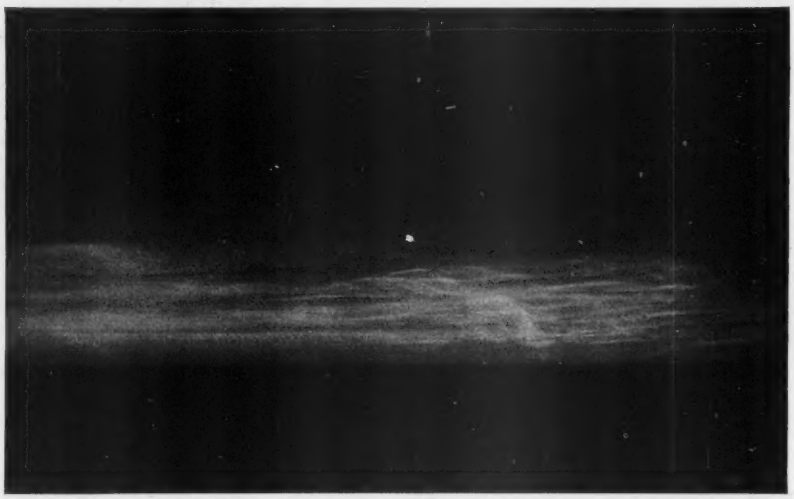


Fig. 2. „Leuchtende Nachtwolken". 1950 Juli 15. Aufnahme: J. K. EGGERS, Alt-Augusten-Koog, Kreis Eiderstedt, Schleswig-Holstein. Sternspuren: α und β Aurigae.

HELMHOLTZschen Wogen. Die Figur zeigt zwei einander überlagernde Streifensysteme, die verschiedenen Niveaus angehören. Die Wellenlänge war in diesem Falle etwa 50 km. Neben der vorherrschenden Streifenform, die aber selten so regelmäßig ausgebildet ist, wie sie das Bild zeigt, treten auch diffuse und chaotische Formen auf. Die Bewegung einzelner Gebilde im Zusammenhang mit den trigonometrischen Höhenbestimmungen ergab die erste Möglichkeit, die Strömungen der Atmosphäre in Höhen von mehr als 100 km zu untersuchen [12].

Nicht zu verwechseln, aber wahrscheinlich verwandt mit den Leuchtstreifen sind die sog. *Leuchtenden Nachtwolken* (Fig. 2). Man beobachtet sie, relativ selten, als silberglänzende Zirren-artige Wolken im Segment der sommerlichen Mitternachtsdämmerung. Ihre erstmalige Wahrnehmung in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts gab Veranlassung zu der Annahme, daß es sich um Vulkanstaub handle, der beim Ausbruch des Krakatau in der Sundastraße bis in Höhen von 80 bis 90 km emporgeführt worden sei. Neuere Autoren neigen dazu, sie mindestens zum Teil mit kosmischen Staubeinbrüchen in Zusammenhang zu bringen, besonders, nachdem der große sibirische Meteoritenfall vom 30. Juni 1908 eine ähnliche Dämmerungsanomalie in Europa hervorgerufen hatte. Im Gegensatz zu den Leuchtstreifen, die ein Emissionsspektrum zeigen, das bis auf geringe Unterschiede mit dem des normalen Nachthimmellichts übereinstimmt, beruht das Leuchten der Nachtwolken allein auf Reflexion des Sonnenlichts.

Es muß als recht wahrscheinlich bezeichnet werden, daß Staubeinbrüche jener Art, wie sie uns in den Leuchtstreifen sichtbar werden, dann zur Erscheinung von Leuchtenden Nachtwolken führen, wenn die langsam absinkenden Schichten besonders dicht und nicht durch Turbulenz der Atmosphäre zerstört worden sind. Auf Grund des Bildes der hochatmosphärischen Strömungen und der daraus folgenden Verdichtung der Schichten in horizontaler Richtung gelangt man auch zu einer Erklärung dafür, warum die Leuchtenden Nachtwolken im wesentlichen an geographische Breiten von etwa 60 bis 65° gebunden sind.

Bemerkt sei noch, daß die Staubeinbrüche gewisse Störungen der Ionosphäre, besonders der F_1-Schicht, hervorrufen, die zwar zurücktreten gegenüber den Einwirkungen der Sonnenstrahlung, in Zukunft aber doch wohl den Anspruch erheben werden, bei Arbeiten über die Wellenausbreitung Berücksichtigung zu finden. In dieselbe Richtung weist eine Arbeit von M. RYLE und A. HEWISH [*32*]. Die beiden Autoren untersuchen den Einfluß der Ionosphäre auf die Intensität der Radiosterne und nehmen als Ursache der beobachteten raschen Schwankungen Störungen der F_2-Schicht durch kosmische Staubeinbrüche an. Sie ziehen dabei interstellare Materie in Betracht, doch muß bemerkt werden, daß man mit der Annahme interplanetaren Ursprungs des Staubes eine viel bessere Darstellung der beobachteten täglichen Variation erhalten würde.

Endlich muß hier noch einer Erscheinung gedacht werden, deren Einbeziehung nicht selbstverständlich scheint, der *Sonnenkorona*, jener äußersten, bis zu mehreren Sonnenradien in den Raum hinausreichenden materiellen Hülle des Sonnenkörpers, die vor allem bei totalen Finsternissen als Lichtkranz um die die Sonne verdeckende Mondscheibe sichtbar wird. Das komplexe Spektrum der Korona weist neben Emissionslinien ein starkes Kontinuum auf, das im inneren Teil der Korona sehr wahrscheinlich auf Streuung des Sonnenlichts an freien Elektronen beruht, im äußeren Teil jedoch die FRAUNHOFER-Linien enthält und damit auf Reflexion an gröberen Teilchen hinweist. Es ist anzunehmen, daß auch nahe dem Sonnenrande das FRAUNHOFER-Spektrum vorhanden ist, aber vom überlagerten reinen Kontinuum verdeckt wird.

Der erste Versuch, die reflektierende Materie der Sonnenkorona in Beziehung zu setzen zu derjenigen des interplanetaren Raumes, ist wohl von W. GROTRIAN unternommen worden [*13*]. Er untersucht, ob eine einleuchtende Beziehung besteht zwischen der Helligkeit der äußeren Korona in 20 Bogenminuten Abstand vom Sonnenrand und derjenigen des Zodiakallichts in 35° Sonnenabstand. Das etwas veränderliche Verhältnis der Flächenhelligkeiten wird zu $6 \cdot 10^6$ angenommen. Auf Grund der Messungen von HOFFMEISTER [*14*] zeigt GROTRIAN, daß das beobachtete Helligkeitsintervall überbrückt werden kann mit der optischen Dichtefunktion $f(r) = r^{-1,5}$. HOFFMEISTER hatte ursprünglich mit dem Exponenten —2, FESSENKOW mit —1 gerechnet, doch hat ersterer später gezeigt, daß die Dichtefunktion innerhalb der Venusbahn offenbar nicht diese einfache Form besitzt [*4*]. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt auch VAN DE HULST [*33*] unter Benutzung der lichtelektrischen Messungen von ELVEY und ROACH und der visuellen von HOFFMEISTER. Jedenfalls widersprechen diese Untersuchungen nicht der Annahme, daß zwischen der Materie des Zodiakallichts und dem reflektierenden Staub der Korona eine enge Beziehung besteht. Nach H. N. RUSSELL [*15*] ist anzunehmen, daß die Meteorite in der Nähe der Sonne teilweise verdampfen, daß daher mit Annäherung an die Sonne die mittlere Partikelgröße absinkt und eine starke optische Wirkung mit sehr geringen Massen erzielt wird. Hierzu paßt gut die Deutung der Emissionslinien der Korona durch B. EDLÉN als hochionisierten Zuständen des Eisens, Nickels und Kalziums angehörend [*16*].

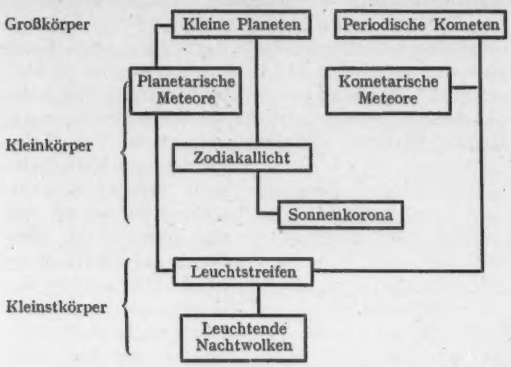
Eine Erweiterung vorstehender Betrachtungen im Hinblick auf die physikalischen Verhältnisse der Korona bringt eine Arbeit von L. BIERMANN und P. TEN BRUGGENCATE [*17*]. Hier wird untersucht, ob die sehr hohe Temperatur der äußeren Korona und die in ihrem Bereich auftretende Überanregung durch die Abgabe kinetischer Energie der von außen einfallenden interplanetaren Materie erklärt werden können, was nach Ansicht der Verfasser durchaus möglich ist.

Die vorstehende Darstellung gibt im wesentlichen eine Zusammenfassung unserer Kenntnisse von der interplanetaren Materie. Durch die in den letzten beiden Jahrzehnten erzielten Fortschritte in bezug auf die Kometen, Leuchtstreifen, Sonnenkorona, vor allem aber die Entdeckung des Systems der planetarischen Meteorströme, ist es jetzt wohl erstmalig möglich, ein Schema aufzustellen, das die einzelnen Erscheinungsformen miteinander in Verbindung bringt. Im folgenden ist dies unternommen, wobei zu beachten ist, daß es sich um einen ersten Versuch handelt. Noch ist manche Beziehung hypothetisch, aber doch zeichnen sich Züge ab, die auf die Möglichkeit einer späteren Gesamtlösung der Probleme der interplanetaren Materie hindeuten.

Tabelle 1. *Größenordnungen und Art der Beobachtung der interplanetaren Körper (mit Ausschluß der kometarischen).*

Erscheinung	Größenordnung in cm	Art der Beobachtung
Kleine Planeten	10^7—10^8	Einzelkörper extraterrestrisch
Planetarische Meteorite .	10^0—10^{-3}	Einzelkörper atmosphärisch
Zodiakallicht	10^{-1}—10^{-3}?	Gesamtwirkung, direkt, extraterrestrisch
Sonnenkorona	$\sim 10^{-2}$	Gesamtwirkung, direkt, extraterrestrisch
Leuchtstreifen	$< 10^{-3}$	Gesamtwirkung, indirekt, atmosphärisch
Leuchtende Nachtwolken	10^{-6}	Gesamtwirkung, direkt, atmosphärisch

Schematische Übersicht der Erscheinungsformen der interplanetaren Materie.



Betrachten wir zunächst die erste der beiden Übersichten. Es fällt auf, daß in den Größenordnungen zwischen der ersten und der zweiten Gruppe eine Lücke von fünf Zehnerpotenzen klafft, so daß die Kontinuität der Massen von den größten bis zu den kleinsten Körpern noch nicht erreicht scheint. Der Fall liegt aber in Wirklichkeit doch anders: Der kleinste der beobachteten Kleinen Planeten hat einen Durchmesser von etwa 1 km. Noch kleinere Planeten haben nur sehr geringe Entdeckungswahrscheinlichkeiten. Andererseits sind aber offenbar Körper von Meter- und Dezimetergröße noch zu wenig zahlreich, um als Meteore sicher nachgewiesen werden zu können. Es kommt hinzu, daß gerade bei Meteoritenfällen die Bedingungen für die Nachweisung der Geschwindigkeit, die für die kosmische Zuordnung entscheidend ist, meist äußerst ungünstig sind, so daß man nicht mit Sicherheit sagen kann, ob unter den beobachteten Fällen solche interplanetarer Abkunft sind. Es gibt bekanntlich Meteorkrater, die durch Körper von 10 bis 100 m Durchmesser verursacht sein müssen. Da jedoch die kometarischen Meteorströme bisher nie einen Meteoriten geliefert haben, hat man jenen größeren Körpern meist interstellaren Ursprung zugeschrieben. Wenn man weniger kritisch sein wollte, könnte man ohnehin die Lücke noch etwas einengen, denn es sind einige sehr helle Meteore beobachtet und genau untersucht worden, deren erzeugende Körper sicher größere Durchmesser als 1 cm hatten und die mit sehr großer Wahrscheinlichkeit der interplanetaren Materie angehörten [*18*]. Die Lücke dürfte demnach allein auf den Schwierigkeiten der Beobachtung beruhen, und wir können mit einiger Berechtigung sagen, daß sehr wahrscheinlich eine stetige Folge interplanetarer Körper existiert von Planetengröße bis zu quasimolekularen Dimensionen.

Die mit Fragezeichen versehenen Durchmesser der Partikeln des Zodiakallichts stützen sich auf die Tatsache, daß einerseits in der Gegend der Erdbahn noch eine merkliche optische Dichte dieser Materie besteht, andererseits aber im Meteorphänomen eine dem Bereich des Zodiakallichts zuzuschreibende Komponente nach unserer gegenwärtigen Kenntnis mindestens keine wesentliche Rolle spielt.

Hinsichtlich der leuchtenden Nachtwolken ist zu bemerken: die angegebenen Durchmesser stützen sich nach den Untersuchungen von E. ASTAPOWITSCH [*19*] auf die sehr geringe Sinkgeschwindigkeit und das Auftreten von RAYLEIGH-Streuung. Schon wegen der Wirkung des Strahlungsdruckes ist indessen nicht anzunehmen, daß diese Körper primär so klein gewesen sind; vielmehr sind sie wahrscheinlich in der Atmosphäre durch die Zusammenstöße mit den Molekeln und Atomen der Luft teilweise aufgelöst worden.

Das zweite Schema läßt einen sehr charakteristischen Zug erkennen: die Unterscheidung einer starken planetarischen und einer viel schwächeren kometarischen Gruppe. Zwischen beiden besteht nur eine einzige Querverbindung, die aber nicht mehr besagt, als daß die Erreger der Leuchtstreifen nicht einheitlich in ihrem Ursprung sind, eine Behauptung, die zwar sehr wahrscheinlich, aber noch nicht völlig gesichert ist. Das vorstehende Ergebnis findet eine Parallele in der Struktur der meteorischen Erscheinungen, wobei nach allen neueren Untersuchungen die kometarische Komponente auch viel schwächer ist, als zu früherer Zeit angenommen wurde. Es scheint doch so zu sein, daß die an sich sehr massenarmen Kometen auch an der Erfüllung des interplanetaren Raumes mit diskreter Materie nur relativ schwach beteiligt sind. Das Phänomen der großen Meteorströme wie der Perseiden kann leicht dazu verführen, diesen Einfluß zu überschätzen, wenngleich man berücksichtigen muß, daß ein kometarischer Meteorstrom nur dann nachgewiesen werden kann, wenn sich die Kometenbahn an irgendeiner Stelle auf weniger als etwa 0,1 bis 0,2 der astronomischen Einheit der Erdbahn nähert. Das gilt aber auch für die nichtkometarischen Ströme. Zwar ist die Treffwahrscheinlichkeit bei den eigentlichen Ekliptikalströmen sehr hoch wegen ihrer geringen Neigung; es gibt aber auch Ströme planetarischer Meteore vom Typus der Cygniden [*20*], für welche diese Beschränkung auf kleine Neigungen nicht gilt, und schon unter den sechs starken Ekliptikalströmen sind zwei, die δ-Aquariden und die Geminiden, mit Neigungen bei 22°.

Das wesentlich neue Ergebnis dieser Gesamtbetrachtung ist demnach die Erkenntnis der Existenz eines sehr ausgedehnten Systems planetarischer Kleinkörper. Ihre räumliche Anordnung unterscheidet sich grundsätzlich von derjenigen der Großkörper: zwar gruppieren sie sich symmetrisch um dieselbe Hauptebene, aber die für die Großplaneten geltende Beschränkung auf kleine Neigungen gegen diese Ebene fällt weg. Diese abweichende Eigenschaft ist unabhängig nachgewiesen für die Kleinen Planeten, bei denen gleich der zweite in der Reihenfolge der Entdeckungen, Pallas, eine Neigung von 35° besitzt, für die Materie des Zodiakallichts und für die planetarischen Meteorströme. Alle drei Komplexe weisen in der räumlichen Struktur eine so nahe Übereinstimmung auf, daß schon aus diesem Grunde die Hypothese einer engen Verwandtschaft ernstlich in Betracht gezogen werden müßte.

Fig. 3 zeigt die Verteilung der interplanetaren Materie. Die Bedeutung der einzelnen Eintragungen ist bei der Figur selbst ausführlich erläutert. Die Materie des Zodiakallichts ist wahrscheinlich viel weiter ausgedehnt, als in der Zeichnung angegeben ist, entzieht sich in den äußeren Teilen aber der Nachweisung, da die Erde innerhalb der Staubwolke steht.

Bei der Betrachtung des Schemas der Verwandtschaften drängt sich sofort die Frage auf, inwieweit diese Beziehungen genetischer Art sind, d.h., ob die eine Gruppe aus der anderen durch einen Vorgang der Fortentwicklung entsteht. Sichere Angaben darüber sind nur in einem einzigen Falle möglich, und zwar

bei der kometarischen Gruppe, wo die Entstehung der Meteorströme durch Zerfall der Kometenkerne direkt beobachtet wird. Bezüglich der Staubströme, deren Partikel als Erreger der Leuchtstreifen in Betracht kommen, gilt offenbar dasselbe. Die Beziehung führt jedoch sehr wahrscheinlich nicht über die Meteorströme, sondern direkt auf den Kometenkern. Es ist beobachtet worden, daß die Häufigkeit und Intensität der Leuchtstreifen wohl an den Begegnungsstellen von Erdbahn und Kometenbahnen zunimmt, jedoch in keiner Beziehung steht zur gleichzeitigen Häufigkeit der Meteore.

Hinsichtlich der planetarischen Gruppe liegen die Verhältnisse weniger klar. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß die Kometen instabile, die Planeten dagegen stabile Körper sind. Was wir hier beobachten, ist nur das Nebeneinander der verschiedenen Klassen von Kleinkörpern, aber keine Entwicklung. Jede Frage nach genetischen Zusammenhängen führt daher auf die Probleme der Kosmogonie des Planetensystems und damit auf einen sehr unsicheren Boden.

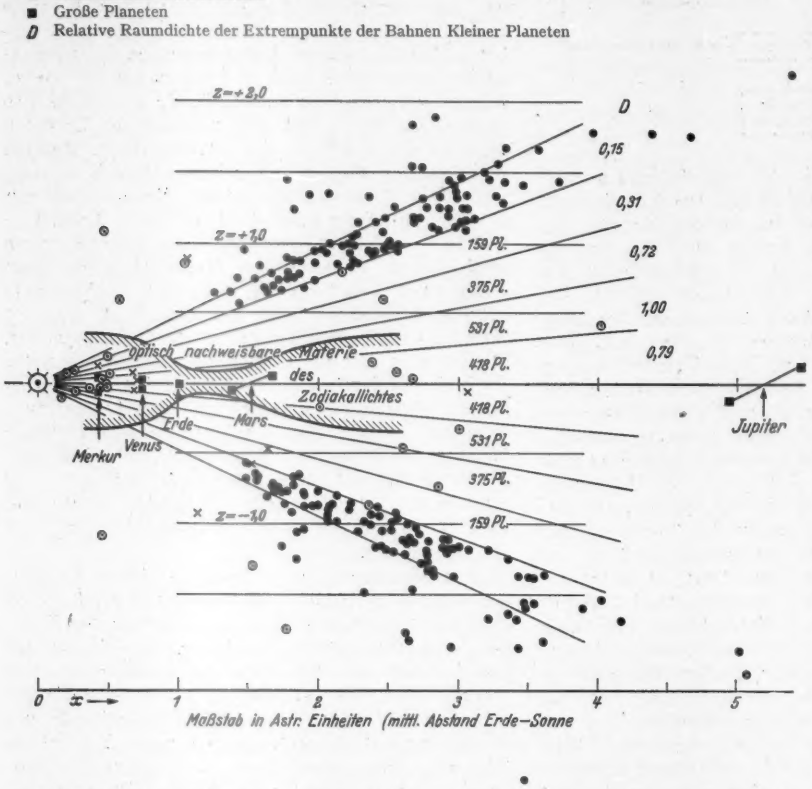


Fig. 3. Verteilung der interplanetaren Materie in der x-z-Ebene. Die Zeichnung veranschaulicht den von den interplanetaren Körpern bestrichenen Raum. Für jede Bahnellipse sind der maximale nördliche und der maximale südliche Abstand z von der Ebene der Ekliptik (als Ordinaten) und der Abstand x von der Sonne (als Abszissen) eingetragen, so daß stets eine obere und eine untere Eintragung zusammengehören. Für die großen Planeten Mars und Jupiter sind die beiden Lagen durch einen Querstrich verbunden. Die von der Sonne ausgehenden schrägen Geraden bezeichnen die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik in Schritten von je 5°. Die kleinen Planeten sind nur in den äußeren Teilen der Wolke als Einzelkörper berücksichtigt. Für die sehr dichten inneren Teile ist die Gesamtzahl der Planeten für Intervalle der Neigung von je 5° angegeben.

Einige klärende Bemerkungen werden trotzdem willkommen sein. Die eingangs erwähnte Hypothese von Olbers, daß das System der Kleinen Planeten durch die katastrophenhafte Zerstörung eines Großplaneten entstanden sei, ist kürzlich von G. P. Kuiper [21], [22] wieder aufgegriffen worden. Er bemerkt, daß diese Hypothese jetzt, da wir eine so große Anzahl Kleiner Planeten und ihre wahrscheinlichen Beziehungen zu Meteorströmen kennen, wahrscheinlicher sei als vor 100 Jahren. Ein Hindernis auf diesem Wege ist die sehr geringe Gesamtmasse der Kleinen Planeten. Inwieweit die Anschauung von Oort [23], wonach ein großer Teil der Masse durch planetare Störungen ausgetrieben worden sei und jetzt zum Teil das System der parabolischen Kometen bilde, über diese Schwierigkeit hinwegzuhelfen vermag, bleibt recht zweifelhaft. Nach allen neueren Arbeiten, insbesondere von N. Richter [24] und F. L. Whipple [25], sind die Kometen physikalisch doch ganz anders geartet als die Kleinen Planeten: ihr materielles Substrat ist eine Staubkugel, die nur kleine Teilchen bis zu Zentimetergröße, sehr wahrscheinlich auch keinen eigentlichen Kern größerer Dimension, daneben aber leicht vergasbare Stoffe im festen Zustand (CH_4, CO_2, NH_3, C_2N_2, H_2O), enthält. Die noch vor 30 Jahren dann und wann vertretene Ansicht, daß für die Erscheinung eines Körpers als Planetoid oder als Komet nur die Bahnform entscheidend sei, ist ebenfalls widerlegt, da man jetzt Planetoiden kennt, die sich in regelrechten Kometenbahnen (944 Hidalgo) und Kometen, die sich in kreisnahen Bahnen bewegen, z. B. 1925 II und 1942 VII.

F. L. Whipple hat versucht, den ekliptikalen Meteorstrom der Tauriden in Verbindung mit dem Enckeschen Kometen zu bringen [26], was eine neue Querverbindung im Schema der Verwandtschaften bedeuten würde. Überzeugend ist diese Beziehung deshalb nicht, weil die Bahnen nur geringe Ähnlichkeit zeigen und im wesentlichen die Hypothese verfolgt wird, daß sowohl der Komet Encke als der Tauridenstrom die Reste eines zerstörten größeren Kometen

seien. Immerhin ist der ENCKEsche Komet ein ungewöhnliches Objekt, und die Frage, ob er nicht doch irgendwie in das System der ekliptikalen Meteorströme gehört, ist durchaus diskutabel. Ein genetischer Zusammenhang wie bei den kometarischen Meteorströmen ist aber auch deshalb unwahrscheinlich, weil der Komet der einzige seiner Art ist, wogegen die Ekliptikalströme ein umfangreiches und wohldefiniertes System bilden.

Einen anderen Weg genetischer Zuordnung verfolgt HOFFMEISTER in seiner Zodiakallichtarbeit [*4*], indem er die Möglichkeit in Betracht zieht, daß die kleinsten Körper des Systems der Kleinen Planeten durch thermische Einwirkungen einem allmählichen Zerfall unterliegen. So könnten dem Planetoidenring ein System planetarischer Meteore und ein Staubring zugeordnet sein, welch letzterer durch Reflexion des Sonnenlichts die äußeren Partien des Zodiakallichts hervorruft. Hinsichtlich des inneren Körpers des Zodiakallichts könnte man annehmen, daß die Aufteilung der vielleicht von Anfang an kleineren primären Körper wegen des geringeren Sonnenabstands schon so weit vorgeschritten sei, daß Einzelplaneten nicht mehr in Erscheinung träten.

Wenn auch die Möglichkeit, daß das eine aus dem anderen entstanden sein könnte, immer berücksichtigt werden muß, so darf man doch nicht übersehen, daß dies nur der *eine* von zwei Wegen ist. Eine gleichzeitige Entstehung der verschiedenen Arten von Körpern dürfte a priori dieselbe Wahrscheinlichkeit besitzen. Die neueren Hypothesen über die Entstehung des Planetensystems scheinen sogar diese Anschauung zu begünstigen, denn sie gehen von einer Wolke diskreter Materie aus, in der sich durch irgendwelche mechanischen Vorgänge Verdichtungen gebildet haben sollen. Die Annahme, daß ein Teil der Materie im ursprünglichen Zustand verblieben sei oder sich zu Kleinkörpern umgebildet habe, zumal dort, wo kein Großkörper die Massen an sich zog, paßt gut in den allgemeinen Rahmen. Hinsichtlich der Kleinen Planeten könnte man dann, statt die Zertrümmerung eines größeren Körpers anzunehmen, vermuten, daß die Nachbarschaft des großen Attraktionszentrums Jupiter die Bildung eines einzelnen größeren Körpers in jener Gegend verhindert habe. Die Kommensurabilitätsstellen niederer Ordnung der Umlaufszeiten liegen ja gerade in der kritischen Gegend, für das Verhältnis $^1/_2$ bei 3,28, für $^1/_3$ bei 2,50, für $^1/_4$ bei 2,06 astronomische Einheiten. Störungen durch die großen Planeten, vor allem auch die Säkularstörungen, haben das Bild der ursprünglichen Massenverteilung in mannigfacher Weise geändert. Nach einer neuen Untersuchung von E. ROHLFS [*27*] kann die große Breite des kometarischen Stromes der Perseiden von etwa 0,4 astronomischen Einheiten als Wirkung der Säkularstörungen allein erklärt werden, wenn man einen Zeitabschnitt von etwa 80000 Jahren zuläßt. Für die Ekliptikalströme werden ähnliche Rechnungen ausgeführt.

Schon seit langer Zeit hat man dann und wann versucht, den Niederschlag diskreter kosmischer Materie an der Erdoberfläche nachzuweisen. Sowohl auf dem Polarschnee (Nordenskjöld) als auch in den Sedimenten der Tiefsee (Challenger-Expedition, Meteor-Expedition) sind Befunde erzielt worden, die als positiv gewertet werden können. Die Arbeiten der schwedischen Tiefsee-Expedition 1947/48 haben diese Resultate bestätigt und überdies einen unerwartet hohen Nickelgehalt, bis zu 0,1 % NiO, gewisser langsam sedimentierender Tiefseeböden aus dem zentralen Pazifik ergeben [*34*].

Systematische Versuche neueren Datums hat H. H. NININGER in Nordamerika ausgeführt [*28*], [*29*], indem er sowohl die festen Niederschläge aus Regenwasser analysierte als auch mit Glyzerin bestrichene Glasscheiben an stadtfernen Orten auslegte und die darauf gefundenen Staubteilchen untersuchte. Diese Nachweisungen können sich nur auf magnetisches Material erstrecken, da Reste von Silikatmeteoriten nicht von terrestrischem Material unterschieden werden können. Stark verdächtig sind einzelne kugel- oder tropfenförmige Gebilde mit Durchmessern meist unter 0,1 mm, die Eisen und Nickel enthalten. Gewisse positive Hinweise ergaben sich auch nach dem großen Sternschnuppenfall vom 10. Oktober 1946. NININGER schätzte den jährlichen Niederschlag an meteoritischem Staub auf etwa 1000 g je Quadratkilometer. Eine frühere Schätzung von C. C. WYLIE [*30*] auf anderer Grundlage führte zu viel geringeren Werten, etwa 5 g je Quadratkilometer und Jahr. Rechnet man mit dem relativ hohen Wert von NININGER, so würde sich ein Niederschlag von 1 g je cm^2 der Erdoberfläche in 10^7 Jahren ergeben.

Auf derselben Grundlage gelangt man zu einer räumlichen Dichte in der Gegend der Erdbahn von 10^{-21} g · cm^{-3}, welcher Wert recht gut zu demjenigen stimmt, der oben für die Dichte der Zodiakallicht-Materie in der Nähe der Venusbahn gefunden wurde, wenn man berücksichtigt, daß die Dichte in der Gegend der Erdbahn offenbar geringer ist. Die für den interstellaren Raum außerhalb des Planetensystems angenommenen Dichten von 10^{-25} bis 10^{-26} g · cm^{-3} fügen sich diesem Bild gut an. Wenn man die Kleinen Planeten einschließt, kommt man für den Bereich zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter mit den etwa durch Fig. 3 aufgewiesenen Grenzen auf eine Dichte von 10^{-17} g · cm^{-3}.

Die vorstehenden Zahlen offenbaren eine charakteristische Eigenschaft der interplanetaren Materie: die Natur erreicht die mannigfachen Wirkungen innerhalb und außerhalb der Erdatmosphäre mit einem geradezu unglaublich geringen Aufwand an Masse, allein durch feinste Aufteilung des zur Verfügung stehenden Materials.

Literatur.

[*1*] Minor Planets for 1951. Cincinnati Obs. (1950). — [*2*] WOERKOM, A. VAN: Bull. Astr. Inst. Netherlands **10**, 445 (1948). — [*3*] HOFFMEISTER, C.: Naturwiss. **36**, 68 (1949). — [*4*] HOFFMEISTER, C.: Veröff. Sternw. Babelsberg **10**, Nr. 1 (1932). — [*5*] SANDIG, H. U.: Veröff. Sternw. Breslau **5**, 46 (1939). — [*6*] SEELIGER, H. v.: Ber. Akad. Wiss. München **1906**, 595. — [*7*] SEELIGER, H. v.: Vjschr. Astr. Ges. **41**, 234 (1906). — [*8*] SCHEWICK, H. VAN: Vjschr. Astr. Ges. **74**, 233 (1939). — [9] OPPENHEIM, S.: Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, Bd. 6, Teil 2, S. 139. (1920). — [*10*] BESSEL, F. W.: Astr. Nachr. **13**, 345 (1836). — [*11*] HOFFMEISTER, C.: Ergebn. exakt. Naturwiss. **24**, 1 (1951). — [*12*] HOFFMEISTER, C.: Z. Meteorol. **1**, 33 (1946). — [*13*] GROTRIAN, W.: Z. Astrophysik **8**, 124 (1934). — [*14*] HOFFMEISTER, C.: Veröff. Sternw. Berlin-Babelsberg **8**, Nr. 2 (1930). — [*15*] RUSSELL, H. N.: Astrophysic. J. **60**, 49 (1929). — [*16*] EDLÉN, B.: Monthly Notices Roy. astronom. Soc. **105**, 323 (1945). — [*17*] BIERMANN, L., u. P. TEN BRUGGENCATE: Veröff. Sternw. Göttingen Nr. 83 (1947). — [*18*] HOFFMEISTER, C.: Astr. Nachr. **261**, 345 (1937). — [*19*] ASTAPOWITSCH, E.: Bull. Acad. Sci. URSS., Sér. géogr. et géophys. **183** (1939). [*20*] HOFFMEISTER, C.: Forsch. u. Fortschr. **24**, 35 (1948). — [*21*] KUIPER, G. P.: Astronom. J. **55**, 164 (1950). — [*22*] KUIPER, G. P.:

J. Brit. Astr. Assoc. 61, 55 (1951). — [23] OORT, J. H.: Bull. Astr. Inst. Netherlands 11, 91 (1950). — [24] RICHTER, N.: Naturwiss. Rdsch. 3, 293 (1950). — [25] WHIPPLE, F. L.: Astrophysic. J. 111, 375 (1950). [26] WHIPPLE, F. L.: Proc. Amer. philos. Soc. 83, No. 5 (1940) = Harvard Reprint 210. — [27] ROHLFS, E.: Veröff. Sternw. Sonneberg 2, Nr. 1 (1951). — [28] NININGER, H. H.: Sci. Monthly 50, 460 (1940). — [29] NININGER, H. H.: Pop. Astr. 55, 322 (1947) = Contr. Meteoritical Soc. 4, 50. — [30] WYLIE, C. C.: Pop. Astr. 43, 120 (1935) = Jowa Obs. Contr. No. 6. — [31] The Summer Daytime Meteor Streams of 1949 and 1950. I. A. ASPINALL and G. S. HAWKINS: Measurement of the radiant positions and activity. — II. J. G. DAVIES and J. S. GREENHOW: Measurement of the Velocities. — III. MARY ALMOND: Computation of the Orbits. — Aus dem Manuskript zitiert, erscheint in Monthly Notices of the Royal astronom. Soc. — [32] RYLE, M., and A. HEWISH: Monthly Notices Roy. astronom. Soc. 110, 381 (1950). — [33] HULST, H. C. VAN DE: Astrophysic. J. 105, 471 (1947). — [34] PETTERSSON, H.: Naturwiss. 38, 125 (1951).

Sternwarte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin in Sonneberg.

Eingegangen am 22. Februar 1951.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Kleine Bemerkung zum Planckschen Strahlungsgesetz.

Bei der Konstruktion seines universellen Rechenschiebers[1]) für schwarze Strahlung bemerkte M. CZERNY, daß im PLANCKschen Strahlungsgesetz, dargestellt als Funktion der Wellenlänge λ, mit großer Genauigkeit $^1/_4$ der Gesamtstrahlung auf der kurzwelligen und $^3/_4$ auf der langwelligen Seite liegt, von der Wellenlänge λ^* maximaler Intensität aus nach $\lambda = 0$ bzw. nach $\lambda = \infty$ gerechnet. Allerdings liegt kein Grund vor, daß diese im Gedächtnis leicht zu bewahrende Sachlage mathematisch genau gilt, doch wäre sie schön als Entgegenkommen der Natur an die Freunde ganzer oder einfacher rationaler Zahlen[2]).

Setzt man im PLANCKschen Strahlungsgesetz $hc/kT\lambda = \zeta$ und $hc/kT\lambda^* = z$, so lautet die Frage, ist

$$C(z) = \frac{15}{\pi^4} \int_z^\infty \frac{\zeta^3\, d\zeta}{e^\zeta - 1} \tag{1}$$

genau $^1/_4$ bzw. um wieviel weicht es von $^1/_4$ ab? Dabei ist z die aus dem WIENschen Verschiebungsgesetz bekannte Wurzel[3]) der transzendenten Gleichung $z = 5(1 - e^{-z})$. Mit $y = e^{-z}$ wird daraus $y = 1 + \frac{1}{5} \ln y$ und eine weitere Umformung, nämlich $y = 10^{-6} \cdot 6977\,(1 + x/6977)$, ergibt für x die Gleichung $4{,}25080\,50075\,08000\,850 + x = 2 \cdot 10^5 \ln(1 + x/6977)$. Da $x \approx 0{,}15$ ist, eignet sich diese Gleichung zur Bestimmung von x auf eine hohe Anzahl von Dezimalen unter Entwicklung des ln in eine Potenzreihe. Die Wurzel der Gleichung liegt in den Schranken

$$0{,}153\,651\,144 < x < 0{,}153\,651\,145.$$

Dementsprechend liegt y zwischen

$$0{,}00697\,71536\,51144 < y < 0{,}00697\,71536\,51145$$

und $z = 5(1 - y)$ zwischen

$$4{,}96511\,42317\,44280 > z > 4{,}96511\,42317\,44275,$$

eine Zahl, die bekanntlich bis auf 4 Dezimalen in l. c. [3]) Gl. (385) zu finden ist. Entwickelt man den Integranden von (1) nach Potenzen von $e^{-\zeta}$, so wird unter Benützung von $\int_z^\infty \zeta^3 e^{-\zeta}\, d\zeta = (z^3 + 3z^2 + 6z + 6)\, e^{-z}$ die gesuchte Zahl

$$\underline{C(z)} = \frac{15}{\pi^4} \left\{ -z^3 \ln(1 - y) + 3z^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y^n}{n^2} + 6z \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y^n}{n^3} + 6 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y^n}{n^4} \right\} = \underline{0{,}2500\,5454\,68.}$$

Institut für theoretische Physik der Technischen Hochschule Karlsruhe.

W. KOFINK.

Eingegangen am 30. April 1951.

[1]) CZERNY, M.: Physik. Z. 45, 205 (1944).

[2]) KEPLER, J.: Harmonices Mundi Libri V (1620); N. BOHR: Phil. Mag. 26, 1, 476, 857 (1913); A. EDDINGTON: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A 134, 524 (1932) u. a.

[3]) PLANCK, M.: Vorl. über die Theorie der Wärmestrahlung 5. Aufl., S. 183. 1923.

Die Beugung der mit 200 kV beschleunigten Elektronenstrahlen durch Benzoldampf.

Einige Forscher[1]) führten schon die Versuche der Elektronenbeugung durch Benzoldampf aus, um sowohl den atomistischen Aufbau als auch die Atomabstände der Benzolmolekel kennenzulernen. Dazu benutzten sie aber die durch verhältnismäßig niedrige Spannungen (etwa 30 bis 40 kV) beschleunigten Elektronenstrahlen. Ihre wirklich beobachteten Beugungsbilder bestanden meistens nur aus den 6 bis 7 diffusen Beugungshöfen. Die Zahl der beobachteten Höfe war so gering, daß der bisher bestimmte Aufbau und die Atomabstände der Benzolmolekel dem Verfasser nicht immer genau zu sein schienen. Je höher die Spannungen für die Elektronenstrahlen sind, desto kleiner sind die Durchmesser der Beugungshöfe, und zwar sind sie schärfer als in dem Fall der niedrigeren Spannungen. Der Verfasser hat die Beugung der mit etwa 200 kV beschleunigten Elektronenstrahlen durch Benzoldampf experimentell untersucht. Die hierbei beobachteten Beugungsbilder bestanden aus den 12 Höfen, deren s-Werte [$s = (4\pi/\lambda) \cdot \sin\varphi/2$; φ: Beugungswinkel] im folgenden angegeben sind.

Tabelle 1.

	s (beobachtet)	x (theoretisch)	$A = x/s$
1	4,3	4,1	0,95
2	6,3	8,1	1,28
3	9,0	13,7	1,52
4	11,15	15,5	1,39
5	13,7	19,2	1,40
6	16,2	22,5	1,39
7	18,8	26,3	1,40
8	21,1	29,4	1,39
9	23,4	33,1	1,41
10	25,4	38,3	1,51
11	27,1	40,5	1,49
12	28,6	44,8	1,57

Die beobachteten s-Werte lassen sich mit den theoretischen Werten x vergleichen, für die der Ausdruck

$$I = \frac{\sin x}{x} + \frac{\sin \sqrt{3}x}{\sqrt{3}x} + \frac{1}{2}\,\frac{\sin 2x}{2x}$$

Maximalwerte annimmt. Hierbei bedeutet I die Beugungsintensität; der Aufbau der Benzolmolekel wird als hexagonal angenommen und die Gegenwart der Wasserstoffatome vernachlässigt.

Die x/s-Werte geben unmittelbar die Abstände zwischen den benachbarten Atomen der Benzolmolekel. Der bisher anerkannte Abstand ist 1,39 bis 1,40 Å. Für die Erklärung der Tatsache, daß die hier ermittelten Werte x/s, insbesondere für die drei letzten (10., 11. und 12.) Maxima, von dem Wert 1,39 bis 1,40 Å abweichen, kommt entweder der Einfluß der Atomschwingungen in Betracht oder die Annahme, daß ein vom hexagonalen abweichendes Molekularmodell zugrunde zu legen ist.

Alle schon bestimmten Konfigurationen und Atomabstände der Gasmolekeln müssen mit der Elektronenbeugung unter Verwendung von Überhochspannungen erneut nachgeprüft werden, da die Messungen bei den Überhochspannungen infolge der größeren Schärfe der Beugungshöfe genauer sind und die Anzahl der beobachteten Höfe größer ist. Die Versuchsanordnungen und die Ergebnisse der Messungen mit

Überhochspannungen werden künftig eingehend im „Bulletin of the Chemical Society of Japan" veröffentlicht werden.

Institut für Naturwissenschaften (Kagaku Kenkyu-sho), 31 Kamifujimae Komagome, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

SHIGETO YAMAGUCHI.

Eingegangen am 27. April 1951.

[1]) WIERL, R.: Ann. Phys. (5) **8**, 521 (1931). — PAULING, L., u. L. O. BROCKWAY: J. chem. Physics **2**, 867 (1934). — ARCHER, J. H., C. FINBACK u. O. HASSEL: Tidsskr. Kjemi Bergves. **2**, 33 (1942).

Bemerkungen zur Auswertung der „glow"-Kurven von Kristallphosphoren.

Beim Erwärmen von angeregten Phosphoren wird die eingefrorene Lichtsumme nicht kontinuierlich ausgestrahlt. Mit zunehmender Temperatur treten meist verschiedene Maxima der Helligkeit auf, ein Zeichen dafür, daß die gespeicherten Elektronen in metastabilen Zuständen (bei Kristallphosphoren sind das die Haftstellen) verschiedener Tiefe sitzen. Von RANDALL und WILKINS[1]) wurde diese, zum ersten Mal von URBACH[2]) beobachtete Erscheinung zum Ausbau einer quantitativen — heute unentbehrlichen — Methode zur Analyse der Haftstellenverteilung in den Kristallphosphoren herangezogen. (Um die weitere Entwicklung der Methode hat sich besonders GARLICK mit seinen Mitarbeitern[3]) Verdienste erworben.) Der angeregte Phosphor wird mit konstanter Geschwindigkeit erwärmt, so daß in den Reaktionsgleichungen die Zeit durch die Temperatur ersetzt werden kann. Die integrierten Gleichungen geben dann eine Beziehung zwischen den Maximis der Temperaturhelligkeitskurve („glow"-Kurve) und der Haftstellentiefe. Diese Beziehung ist einigermaßen unempfindlich gegen Einzelheiten der Reaktionskinetik, so daß sie auch in Fällen ungeklärter Reaktionskinetik brauchbare Ergebnisse liefert.

Die „glow"-Kurvenanalyse ist nun auch zur Entscheidung weiterer Fragen herangezogen worden, vor allem der des „retrapping" und der einer Kopplung zwischen Aktivatoren und Haftstellen. (Beim „retrapping" handelt es sich darum, ob die aus den Haftstellen befreiten Elektronen ausschließlich unter Lichtemission in die Aktivatoren übergehen oder ob eine mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit dafür besteht, daß sie wieder in Haftstellen zurückkehren.) Ohne auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen einzugehen, was eine umfassende Diskussion erfordern würde, sei hier lediglich auf einige Erscheinungen hingewiesen, die bei der Analyse meines Erachtens nicht hinreichend beachtet worden sind. Diese Erscheinungen hängen mit den strahlungslosen Übergängen und mit den thermischen Wechselwirkungen zwischen den Aktivatoren und dem Valenzband zusammen. Wir beschränken uns dabei auf Phosphore mit Rekombinationsleuchten, also im wesentlichen auf die Sulfide.

1. Wir wissen aus der Analyse des Verhaltens der Phosphore mit mehreren Aktivatoren[4]), daß zwischen den Aktivatoren und dem Valenzband eine thermische Wechselwirkung besteht, die für die in Abhängigkeit von der anregenden Intensität und von der Temperatur beobachteten Farbumschläge verantwortlich ist. So sind bei tiefen Temperaturen die kurzwelligen Emissionsbanden bevorzugt. Wenn daher beim Erwärmen der angeregten Phosphore die Emissionsfarbe sich ändert, kann man daraus noch nicht schließen, daß die flachen Haftstellen, denen in der glow-Kurve Maxima bei niedrigen Temperaturen entsprechen, mit dem Aktivator mit der kurzwelligen und die tiefen Haftstellen mit dem der langwelligen Emission gekoppelt sind.

2. Die Wechselwirkung zwischen Aktivatoren und Valenzband bewirkt, daß sich ein Gleichgewicht zwischen angeregten Aktivatoren und Löchern im Valenzband einstellt. Die Löcherkonzentration ist der der angeregten Aktivatoren proportional. Der Proportionalitätsfaktor enthält den BOLTZMANN-Faktor mit der Energiedifferenz zwischen Valenzband und angeregtem Aktivator im Exponenten. Da die Elektronen aus den Haftstellen in die Löcher im Valenzband übergehen können[5]), hängt die Phosphoreszenzfähigkeit von diesem BOLTZMANN-Faktor ab. Sulfide mit kurzwelliger Emission können daher nicht lang nachleuchten[6]). In diesen Phosphoren können daher in den glow-Kurven keine tiefen Haftstellen entsprechende Maxima auftreten, auch wenn diese Haftstellen vorhanden sind. Es können in den glow-Kurven allgemein keine Haftstellen nachgewiesen werden, die vom Leitfähigkeitsband einen größeren Abstand haben als die höchstliegenden Aktivatoren vom Valenzband. Einbau von Cu in ein ZnSZn ermöglicht daher lediglich den Nachweis von schon vorhandenen Haftstellen. Solche mit Tiefen über etwa 1 eV können auch im ZnSCu in den glow-Kurven nicht beobachtet werden.

3. Zu beachten sind auch die strahlungslosen Übergänge, deren Wahrscheinlichkeit mit der Temperatur stark zunimmt. Bei höheren Temperaturen überwiegen sie die leuchtenden, was die glow-Kurven in dem den tiefen Haftstellen entsprechenden Bereich erniedrigt. [Da die strahlungslosen Übergänge in den Grundzustand Übergänge aus Haftstellen ins Valenzband sind[7]), hängt dies eng mit dem unter 2. gesagten zusammen.] Bei höheren Temperaturen bestimmen sie und nicht die leuchtenden Übergänge die Form der Abklingkurve der Phosphoreszenz[8]). Man darf daher nicht[9]) aus ihrem dort exponentiellen Verlauf Schlüsse über das Verhalten der thermisch aus den Haftstellen ins Leitfähigkeitsband übergegangenen Elektronen („retrapping") ziehen.

Osram, Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung, Zweigstelle Mosbach in Baden.

MICHAEL SCHÖN.

Eingegangen am 2. Mai 1951.

[1]) RANDALL, J. T., u. M. H. F. WILKINS: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A **184**, 365, 390 (1945).

[2]) URBACH, FRANZ: Wien. Ber. **139**, (2a), 363, 483 (1930). — Wien. Anz. **1930**, 153, 190.

[3]) GARLICK, G. F. J., u. A. F. GIBSON: Nature [London] **158**, 704 (1946) — Proc physic. Soc. **60**, 574 (1948). — GARLICK, G. F. J., A. F. WELLS u. M. H. WILKINS: J. chem. Physics **17**, 399 (1948). — GARLICK, G. F. J., u. D. E. MASON: Trans. electrochem. Soc. **96**, 90 (1949).

[4]) SCHÖN, M.: Z. Physik **119**, 463 (1942). — KLASENS, H. A.: Nature [London] **158**, 306 (1946). — WISE, M. E., u. H. A. KLASENS: J. opt. Soc. America **38**, 226 (1948). — SCHÖN, M.: Ann. Phys. (6) **3**, 333 (1948).

[5]) SCHÖN, M.: Naturwiss. **27**, 432 (1939).

[6]) SCHÖN, M.: Ann. Phys. (6) **3**, 333 (1948).

[7]) SCHÖN, M.: Z. Naturforschg. (im Druck).

[8]) SCHÖN, M.: Naturwiss. **31**, 203 (1943).

[9]) BUBE, RICHARD H.: Physic. Rev. (2) **80**, 655 (1950).

Quarz-Ultraschallgeber für hohe Beanspruchungen.

Quarzplatten für Ultraschallerzeugung werden gewöhnlich zwecks Zuführung der elektrischen Ladungen mit dünnen Metallelektroden versehen. Hierfür eignet sich am besten das Einbrennverfahren mittels Metallsole; man erzielt mit Hilfe dieser Methode sehr fest haftende Edelmetallschichten mit erträglicher Gleichmäßigkeit der Schichtdicke. Bei hohen Belastungen von Quarzgebern ist jedoch die Lebensdauer dieser Metallschichten wegen der durch Kavitation bedingten extrem hohen Oberflächenbeanspruchung sehr begrenzt; es bilden sich nach kurzer Zeit bereits Löcher in der Schicht, die sich schnell erweitern. Nebenher besteht noch der Nachteil, daß das Schichtmetall in das den Quarz umgebende Medium dispergiert wird.

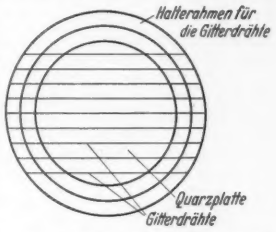


Abb. 1. Schematische Darstellung der Gitter-Quarzelektrode.

Zur Erzielung eines dauerhaften Quarzgebers für höchste Beanspruchungen werden zweckmäßig als Elektroden nicht durchgehende Metallschichten, sondern Gitter aus dünnen Drähten gemäß Abb. 1 gewählt. Hierbei ergab sich empirisch, daß ein Drahtabstand von etwa 2 mm sich als völlig ausreichend erwies. Eine solche Elektrode ist, wie mittels Strahlungsdruckmessung nachgewiesen werden konnte, einer Vollschicht äquivalent. — Mit dieser Anordnung ergibt sich der Vorteil, daß das entstehende Schallfeld direkt in Wechselwirkung mit der harten Quarzoberfläche tritt; hierbei konnten selbst bei größtmöglicher Belastung keine Korrosionen auf der Plattenoberfläche beobachtet werden. Man hat es bei dieser Elektrodenanordnung leicht in der Hand, den elektrischen Überschlag, der mitunter bei zu hoher Spannung zwischen den Quarzelektroden zustande kommt, so zu verlegen, daß sich der Lichtbogen an einer Stelle ausbildet, wo er nicht den Rand der Quarzscheibe tangiert. Im Gegensatz hierzu tritt bei metallisierten Platten ein Überschlag meist in Form eines Gleitlichtbogens entlang der Seitenfläche der Quarzscheibe ein. Durch die thermische Einwirkung dieses Lichtbogens wird oft eine Zerstörung der Quarze herbeigeführt. — Infolge der im Verhältnis zur Vollschicht kleinen Kapazität derartiger

Quarzelektroden ergibt sich der Vorteil, daß die Betriebskapazität des elektrischen Schwingungskreises, der die Betriebsspannung erzeugt, kleiner gehalten und damit die Resonanzspannung erhöht werden kann. — Abb. 2 zeigt die praktische Ausführung eines Quarz-Ultraschallgebers mit Gitterelektrode, das Gitter wurde aus 0,2 mm dickem, hartgezogenem Kupferdraht hergestellt. Wie ohne weiteres ersichtlich, wird die strahlende Fläche des Quarzes durch die Gitterdrähte nur in vernachlässigbar geringem Maße gemindert. Zwecks einseitiger Abstrahlung liegt die Unterseite der Quarzplatte auf einer luftgefüllten, mit Kupferfolie abgeschlossenen

Abb. 2. Quarz-Ultraschallgeber mit Gitterelektrode.

Kapsel auf, so daß antiparallel zum Wellenvektor kein nennenswerter Strahlungswiderstand zustande kommt. — Wird Abstrahlung nach beiden Seiten gewünscht, so können beide Strahlflächen mit der beschriebenen Gitterelektrode versehen werden.

Institut für angewandte Physik der Universität Hamburg.
H. H. Rust.

Eingegangen am 4. April 1951.

Zur Chromatographie von Elektrolyten II.

Anwendungen zu analytischen Bestimmungen und zur Herstellung und Untersuchung von Komplexverbindungen.

Die Untersuchungen zur Chromatographie[1]) haben wir fortgesetzt und auf die Kationen- und Anionenaustauscher auf Kunstharzbasis ausgedehnt. Veranlassung dazu gab uns das Verhalten der Seltenen Erden, die von den Kationenaustauschern auf Kunstharzbasis trivalent gebunden werden, was bei dem Aluminiumoxyd nicht der Fall ist. Benutzt wurde als Anionenaustauscher Dowex 2, der von der Cl-Form in die OH-Form übergeführt wurde. Mit diesem wurden die folgenden Versuche zur alkalimetrischen Bestimmung des Kationengehaltes durchgeführt: NaF, NaCl, Na_2SO_4, $NaNO_2$, $NaNO_3$, ferner KCl, $KBrO_3$, KNO_3, $K_2Cr_2O_7$ und NH_4Cl. Wir haben uns bei diesen vorläufigen Versuchen mit einer Fehlergrenze von $\pm 1\%$ der Menge, die leicht zu erreichen ist, begnügt. Die Bestimmungen sind einfach und rasch durchführbar. Nimmt man einen Kationenaustauscher hinzu, so kann man bekanntlich in analoger Weise den Gehalt an Anionen azidimetrisch titrieren. Diese Feststellungen zeigen, daß die neuen Anionenaustauscher zuverlässiger arbeiten als die von Reichelt[2]) 1949 benutzten. Auch stark hydrolytisch gespaltene Salze (CH_3COONa) oder Mischungen von Salzen mit Säuren (z. B $NH_4Cl+HCl$) geben mit Hilfe der Anionenaustauscher einwandfreie Gehaltsbestimmungen.

Als Kationenaustauscher wurden Permutit RS und Dowex 50 benutzt, die so gut wie gleichwertig sind. Mit diesen läßt sich der Anionengehalt auch von stark hydrolytisch gespaltenen Salzen azidimetrisch genau im Filtrat bestimmen, was K. Erler[3]) 1949 noch nicht, R. Wickbold[4]) jedoch neuerdings gleichfalls erreichen konnte.

Wir haben dann die Ionenaustauscher hauptsächlich zur präparativen Gewinnung der freien Basen von anorganischen Komplexverbindungen und zur Untersuchung ihres Verhaltens in Lösung benutzt. Die Gewinnung von freien Säuren mittels Kationenaustauscher Wofatit KS hat bereits R. Klement[5]) 1949 angegeben. Das $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ und das $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ geben mit Permutit RS, aber auch mit dem Anionenaustauscher Dowex 2 quantitativen Austausch. Aus der gewonnenen freien Base $[Co(NH_3)_6](OH)_3$ lassen sich spielend durch Vorlage der betreffenden Säuren das Sulfat, das Nitrat, das Oxalat usw. herstellen. Mit den Kationenaustauschern läßt sich z. B. besonders leicht der Übergang des Roseochlorides $[Co(NH_3)_5H_2O]Cl_3$ beim trocknen Lagern in die Purpureoverbindung $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ nachweisen, so wie umgekehrt in wässeriger Lösung die Rückbildung zur Roseoverbindung.

Elektrisch neutrale Komplexe wie $\left[Co\begin{pmatrix}(NH_3)_3\\(NO_2)_3\end{pmatrix}\right]$ werden weder an Anionen- noch an Kationenaustauschern festgehalten, ein anschaulicher Beweis dafür, daß nur eine Austauschbarkeit von Ionen möglich ist. Bemerkenswert ist das Verhalten von Aquokomplexen des Chroms, wie des $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ und des $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl \cdot 2\,H_2O$, über Dowex 2, wobei die sich wohl zunächst bildenden Hydroxydformen der Aquo-Komplexe zu $Cr(OH)_3$ zerfallen, das auf dem Austauscher ausfiel.

Unsere Versuche sind mit je 75 bis 80 g Harz durchgeführt worden. Diese größere Harzmenge erlaubt die Durchführung von Reihenversuchen. Die Kationenaustauscher wurden durch Behandeln mit 5n HCl, der Anionenaustauscher mit 1n NaOH formiert und dann sorgfältig mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Die Anionenaustauscher-Base muß unter Wasser aufbewahrt werden.

Wir danken der Permutit AG., Berlin, und der Dow Chemical Comp., Midland, Mich., für die entgegenkommende Zurverfügungstellung der Austauscher. Die Versuche sind von Herrn Apotheker Guzatis bestens durchgeführt worden.

Zur Zeit laufen weitere Untersuchungen.

Anorganisch-chemisches Institut der Technischen Universität, Berlin-Charlottenburg.
J. D'Ans und E. Blasius.

Eingegangen am 21. April 1951.

[1]) D'Ans, J., u. G. Heinrich: Naturwiss. **36**, 317 (1949).
[2]) Reichelt: Z. angew. Chem. **61**, 459 (1949).
[3]) Erler, K.: Z. analyt. Chem. **129**, 209 (1949).
[4]) Wickbold, R.: Z. analyt. Chem. **132**, 241 (1951).
[5]) Klement, R.: Z. anorg. allg. Chem. **260**, 267 (1949).

Fixation of triosephosphates in Rhizopus nigricans metabolism with living cells.

Lynen and Hoffmann-Walbeck[1]) have recently investigated the carbohydrate metabolism of *Penicillium notatum* and found, by means of enzymatic preparations, that this mold contains the system of zymohexase and triosephosphates dehydrogenase. In addition, the two authors were able to isolate the phosphogliceric acid too.

This result is a convincing prove that also in molds the metabolism occours as in yeast and animal tissues, i.e. via Embden-Meyerhof scheme.

For a better elucidation of this fundamental and so little known step of carbohydrates degradation in molds, we have attempted to see with our phenylhydrazine oxalate trapping technique, if it was possible to fix the triosephosphates as phenylhydrazones in *Rh. nigricans* metabolism.

The same products were isolated by us from homolactic[2]), heterolactic[3]), and butyl alcohol fermentation[4]) with living cells, improving the high fixing power of phenylhydrazine oxalate (=PO)

$$\begin{array}{l} COOH \cdot H_2N-NH-C_6H_5 \\ | \\ COOH \cdot H_2N-NH-C_6H_5\,. \end{array}$$

In effect from fermentations of living submerged mycelium of *Rh. nigricans* we were able to fix triosephosphates and simultaneously pyruvic acid and acetaldehyde in high amount, in regard to phenylhydrazine present in PO salt.

The fixation of triosephosphates, as yet not isolated in fungi, and the results obtained by Lynen and Hoffmann-Walbeck, strongly support the idea that also the molds pursue the same metabolic pathway active in other microbial species.

Furthermore, the simultaneous fixation of the three intermediates seems in agreement with the hypotheses of Gottschalk[5]), assuming fumaric fermentation as an appendix of the alcoholic fermentation:

$$\text{Glucose} \rightarrow \text{acetaldehyde} \rightarrow \text{acetic acid} \rightarrow$$
$$\text{succinic acid} \rightarrow \text{fumaric acid}.$$

The strain of *Rh. nigricans* used by us in our experiments produce fumaric acid with a yield of 35–40% from surface culture and 10–15% from submerged culture.

The spores were suspended in 3 l. of Foster and Waksman sterile medium[6]) and the medium continuously aerated with a filtered air stream. After 24 hr. incubation at 28–30°,

the germinate spores formed a filamentous mass, that was filtered using aseptic precautions, accurately washed with sterile water and then resuspended in 3 l. of the same medium with 1—1,5% of glucose and 0,15% of PO salt.

After 12 hr. of an additional incubation, always in air stream, the medium was filtered to separate the mycelium and the clear liquor analysed for fixed products.

Triosephosphates. As a direct precipitation of triosephosphates as phenylhydrazones or 2,4-dinitrophenylhydrazones (DNP) was impossible for their instability[7]), the determination was accomplished according to NEUBERG et al.[8]) i.e. by conversion of the trioses to methylglyoxal. The medium, treated with benzaldehyde and extracted with ether, was distilled after a previous addition of concentrated sulfuric acid so as to reach a concentration of 20%. Methylglyoxal was precipitated in the distillate as 2,4-DNP, and recrystallised twice in nitrobenzene and alcohol:

Anal. Calcd.: N 25,93%; Found: N 25,82%; m.p. 298°.

Amount produced: 0,2 g/l (as 2,4-DNP).

As the distillate from the fermentation mixture not acidified with sulphuric acid contains but traces of methylglyoxal, it follows that the intermediate products are really the trioses, not methylglyoxal. The phosphorilation of trioses results from the fact that in the medium treated with benzaldehyde no glyceraldehyde can be precipitated with 2,4-DNP but only red amorphous products of decomposition of the triosephosphates.

Pyruvic acid. Pyruvic acid was isolated as phenylhydrazone by continuous ether extraction of the medium concentrated 1:3.

Anal. Calcd.: N 15,73%; Found: N 15,92%; m.p. 188°.

Total amount found: 0,25 g/l (as phenylhydrazone).

Acetaldehyde. Acetaldehyde was isolated by distillation of the medium with pyruvic acid in a Vigreux column and precipitation in the distillate as 2·4-dinitrophenylhydrazone.

Anal. Calcd.: N 25,00%; Found: N 24,91%; m.p. 163°.

Amount produced: 0,2–0,3 g/l: ten fold higher than in fermentations without PO salt.

Glucose and oxalic acid. In each experiment the whole added glucose, determined with OSTS liquor, was consumed, while oxalic acid contained in PO salt was slightly decreased.

Vitality of the mold. At the end of every experiment the vitality of the mold was shown by its normal development on an agar-bread medium.

Istituto di Chimica Farmaceutica e Tossicologica dell'Università di Pavia.

V. BOLCATO, M. E. SCEVOLA and G. C. BUSSI.

Eingegangen am 24. April 1951.

[1]) LYNEN, F., u. H. P. HOFFMANN-WALBECK: Liebigs Ann. **559**, 153 (1948).
[2]) BOLCATO, V.: Science (Lancaster, Pa.) **112**, 252 (1950).
[3]) BOLCATO, V.: Enzymologia **14**, 21 (1950).
[4]) BOLCATO, V., M. E. SCEVOLA u. G. F. BETTINETTI: Arch. of Biochem. **29**, 291 (1950).
[5]) GOTTSCHALK, A.: Z. physiol. Chem. **152**, 136 (1926).
[6]) FOSTER, J. W., u. S. A. WAKSMAN: J. Amer. chem. Soc. **61**, 127 (1939).
[7]) FISCHER, H. O. L., u. E. BAER: Ber. dtsch. chem. Ges. **65**, 337, 1040 (1932).
[8]) NEUBERG, C., E. FÄRBER, A. LEVITE u. E. SCHWENK: Biochem. Z. **83**, 263 (1917).

Wertbestimmung von Antibiotica und Desinfektionsmitteln im Schnelltest mit Triphenyltetrazoliumchlorid.

Ergänzend zu der bereits beschriebenen Verwendung des Tetrazoliums (TTC) im Diffusionsplattentest[1]) soll eine Methode mitgeteilt werden, die besonders zur Bestimmung des *Aureomycin*-Spiegels in Körperflüssigkeiten, aber auch zur schnellen Konzentrationsbestimmung anderer Antibiotica und Desinfektionsmittel gedacht ist.

HENNEBERG und WATERSTRAAT[2]) wiesen bereits darauf hin, daß die üblichen Methoden, der *Loch-* und *Trübungstest*, wegen der hohen Temperatur- und Alkaliempfindlichkeit des Aureomycins nicht durchführbar sind, da der Stoff schon in kürzester Zeit zerstört wird. Sie empfehlen statt dessen den mit *Subtilis*-Sporen arbeitenden *Objektträger-* und *Kapillarzellentest*. Beide Methoden arbeiten mit sehr großer Empfindlichkeit (0,005 bis 0,01 γ), bedürfen aber eines ziemlichen Aufwandes und erlauben eine Auswertung erst nach 10 bis 20 Std.

Die nachstehend beschriebene Methode erlaubt zwar nicht die Bestimmung solch niederer Konzentrationen, hat aber dafür den Vorteil, daß sie bereits nach 40 bis 60 min ein brauchbares Ergebnis liefert. Zur Bestimmung der *Aureomycin*-Konzentration in Körperflüssigkeiten — zur Aufrechterhaltung eines konstanten Spiegels —, wobei es besonders auf eine schnelle Bestimmung ankommt, dürfte die hierbei erzielte Genauigkeit (3 bis 4 γ/cm³ entspricht einer Testmenge von 0,15 bis 0,20 γ in 2 Tropfen = 0,05 cm³) jedoch ausreichen.

Der Schnelltest wird wie folgt durchgeführt:

1. Bestimmung der Hemmstoffkonzentration.

1. Herstellung der Testplatten: 10 cm³ Würze—Pepton—Agar[3]) werden in plane PETRI-Schalen gegossen, nach dem Erstarren mit einer dichten Suspension von *Subtilis-* oder *Mycoides*-Sporen besprüht und anschließend 24 Std bei 25 bis 30° C bebrütet. Solche Testplatten halten sich mehrere Tage und können daher auf Vorrat hergestellt werden. Erst mit Eintritt der Versporung des Testorganismus werden sie unbrauchbar. Benutzt man jedoch ältere Testplatten, so empfiehlt es sich auf alle Fälle, stets eine Vergleichsreihe mit Standardverdünnungen des zu prüfenden Stoffes auf der gleichen Platte mitlaufen zu lassen, da der Testorganismus mit wechselndem Alter verschieden empfindlich ist[1]).

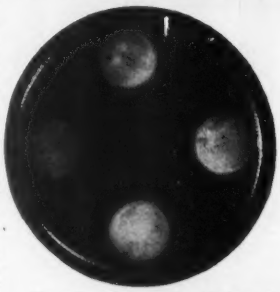


Fig. 1. Bestimmung der Abtötungszeit. (Oben beginnend im Uhrzeigersinn: 40, 20, 10 und 5 min.) Teststamm: Bact. mycoides. 100 γ Patulin töten den Testorganismus bereits nach 10 min ab und lassen schon nach 5 min (in der Fig. links) eine deutliche Schädigung erkennen.

2. Herstellen einer Verdünnungsreihe von der zu untersuchenden Körperflüssigkeit oder Lösung: 1:10 bis 1:100000.

3. Auf Filtrierpapierscheiben mit einem Durchmesser von 1 cm werden jeweils 2 Tropfen einer Verdünnungsstufe aufgetragen und die feuchte Scheibe dann auf die dichtbewachsene Testplatte aufgelegt.

4. Einwirkung des Hemmstoffes: 40 bis 60 min.

5. Vorsichtiges Abnehmen der Filtrierpapierscheiben.

6. Überschichten der Testplatte mit einer 1%igen TTC-Lösung.

Nach wenigen Minuten färbt sich die Testplatte an den unbeeinflußten Stellen tief rot an. Die Färbung bleibt dort aus, wo die Organismen geschädigt wurden. Der Grad der Färbung — im Vergleich zu dem unbeeinflußten Teil der Platte — ist ein Maßstab für die Schädigung der Bakterien. Festgestellt wird die Verdünnung bzw. Konzentration, bei der gerade noch eine Schädigung der Testbakterien zu beobachten ist. Die Eichung erfolgt mit einer Standardverdünnungsreihe.

Benutzt man Testbakterien, die nicht fest auf dem Nährboden haften, so empfiehlt es sich, auf das Auflegen von Filtrierpapierscheiben — die lediglich ein Auslaufen der Testflüssigkeit auf der Platte verhindern sollen — zu verzichten, da sonst beim Abnehmen ein Teil der Bakterien daran haften bleibt und eine Bestimmung nicht möglich ist. In diesem Falle setzt man einfach einen Tropfen der zu untersuchenden Lösung auf die Platte.

2. Bestimmung der Abtötungszeit.

Mit der oben beschriebenen Methode läßt sich zugleich auch die Abtötungszeit bestimmen. Dabei geht man von *einer* Konzentration des Hemmstoffes aus und legt in verschiedenen Zeitabständen die Filterscheiben auf. Die weitere Behandlung entspricht ganz der oben beschriebenen. Dabei zeigte sich, daß Patulin (Fig. 1) in einer Konzentration von 100 γ/cm³ zur Abtötung der Keime etwa 10 min benötigt. Schon nach 5 min ist ein Teil der Organismen abgetötet.

3. Genaue Ermittlung des Schädigungsgrades.

Während es bei der vorher beschriebenen Methode nur auf die Konzentrationsermittlung ankam, soll im folgenden noch ein Verfahren zur Bestimmung des jeweiligen Schädigungsgrades — ausgelöst von bestimmten Konzentrationen

oder nach verschiedenen Zeitabständen — beschrieben werden. Es wird dabei ähnlich wie beim Trübungstest vorgegangen.

1. Herstellen der Teströhrchen: jeweils 4 cm³ sterile Bouillon in Reagenzgläsern mit Staph. aureus SG 511 beimpfen und anschließend bei 37° C bebrüten. Die Röhrchen sind verwendbar, sobald eine starke Trübung in ihnen eintritt, und halten sich etwa 8 Tage.

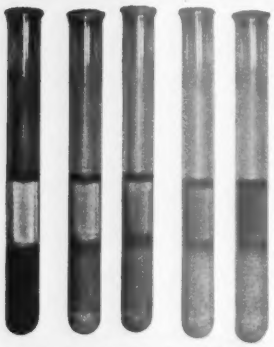


Fig. 2. Ermittlung des Schädigungsgrades. Konzentration des zugesetzten Patulins. Von links nach rechts: 10000, 1000, 100, 10, 0 γ/cm³. Teststamm: Staph. aureus SG 511. Mit dem Anstieg der Patulinkonzentration macht sich ein Abfall in der Intensität der Rotfärbung bemerkbar. Rechts im Bild das Vergleichsrohr ohne Patulinzusatz. Quantitative Auswertung durch kolorimetrische Bestimmung.

2. Herstellen einer Verdünnungsreihe von der zu untersuchenden Substanz.

3. Je 1 cm³ einer Verdünnungsstufe zu einem getrübten Röhrchen zusetzen und 40 bis 60 min einwirken lassen.

4. Zu jedem Röhrchen 1 cm³ einer 1%igen TTC-Lösung nach Ablauf der oben angegebenen Zeit zusetzen und so lange einwirken lassen (etwa 10 min), bis das ohne Hemmstoffzusatz mitlaufende Vergleichsröhrchen deutlich rot gefärbt ist.

5. Zusatz von 4 cm³ Äthanol (96%ig, vergällt), gut durchschütteln. Ist darauf das rote Formazan gleichmäßig im Röhrchen verteilt, so fügt man 2 cm³ Amylalkohol hinzu, mischt erneut und setzt schließlich noch Wasser im Überschuß (etwa 8 bis 12 cm³) zu, bis der Amylalkohol aus dem zunächst homogenen Gemisch nach oben wandert. Das im Amylalkohol gelöste Formazan wird abpipettiert, mit 96%igem Äthanol weiter verdünnt und der Formazangehalt kolorimetrisch ermittelt. Setzt man den für die Normalkultur ermittelten Wert gleich 100, so kann man aus der Differenz zu den anderen Werten den jeweiligen Schädigungsgrad zum Ausdruck bringen.

Fig. 2 zeigt die Auswertung einer solchen Versuchsreihe. Man sieht, daß ein Zusatz von 10 γ Patulin je cm³ bereits einen deutlichen Abfall in der Formazanbildung mit sich bringt und daß der Grad der Färbung mit steigender Patulingabe immer mehr abfällt.

Tabelle 1. *Vergleich verschiedener Antibiotica im Schnelltest.* Teststamm: Bact. mycoides.

	Konzentration γ/cm³				
	10000	1000	100	10	1
	getestet mit ... γ = 2 Tropfen = 0,05 cm³				
	500	50	5	0,5	0,05
Aureomycin . .	++++	++++	+++	++	—
Patulin.	++++	+++	++	++	—
Chloromycetin .	++++	+++	++	+	+
Streptomycin . .	—	—	—	—	—

— Ungeschädigt; + bis ++++ Zunahme der Schädigung. Bei Verwendung von Streptomycin trat keinerlei Schädigung des Testorganismus ein, erst nach mehreren Stunden machte sich ein bakteriostatischer Einfluß bemerkbar (an der Einwirkungsstelle ist das Wachstum gegenüber dem unbeeinflußten Teil der Platte zurückgeblieben).

Institut für Mikrobiologie der Universität Göttingen (Direktor: Prof. Dr. A. Rippel-Baldes*).*

Karl Heinz Wallhäusser.

Eingegangen am 6. März 1951.

[1]) Wallhäusser, K. H., u. A. Rippel-Baldes: Naturwiss. **37**, 450 (1950).

[2]) Henneberg, G., u. W. Waterstraat: Zbl. Bakter. I **156**, 262 (1950).

[3]) Wallhäusser, K. H.: Arch. Mikrobiol. **1950**. 500 cm³ Bierwürze, 500 cm³ Aqua dest., 5 g Pepton Merck, 5 g NaCl, 1,5% Agar, PH 7.

Über das Vorkommen von freier Fruktose im menschlichen Blut.

Mit den bisherigen Fruktosebestimmungsmethoden war es nicht möglich, Fruktose in einer die Erfassungsgrenzen der Methoden überschreitenden Menge im Blut festzustellen[1]). Dies war um so erstaunlicher, als sämtliche wichtigen Nahrungszucker im Verlauf des Abbaues im Organismus die Stufe der Fruktosephosphate durchschreiten. In anderen Körperflüssigkeiten ist dagegen Lävulose auch mit den üblichen Methoden aufgefunden worden. So fanden Hubbard und Russel[2]) Fruktose in der Rückenmarksflüssigkeit, Bacon und Bell[3]) im fetalen Blut des Schafes und T. Mann[4]) bis zu 1000 mg-% im Samenplasma bei Menschen und Tieren.

Im Zusammenhang mit Untersuchungen über das Schicksal injizierter Lävulose im Organismus[5]) haben wir bei über 200 gesunden und kranken Menschen die Zucker des Blutes, welches morgens vor der Nahrungsaufnahme und Injektion entnommen wurde, papierchromatographisch untersucht. *Es zeigte sich, daß freie Lävulose ein normaler Bestandteil des Blutes ist.* Sie kommt bei Gesunden in wechselnden Mengen zwischen 0,5 und 5 mg-% vor, während sie bei Kranken noch höhere Werte erreichen kann. Besonders ausgeprägte Fruktoseflecke haben wir bei schwerer Hepatitis, Leberzirrhose, gelegentlich bei Fettsucht und Diabetikern und meistens bei Schwangeren kurz vor der Niederkunft gefunden. In diesen Fällen beobachtete man auch bei der Injektion von Fruktose eine verzögerte Assimilation.

Es ist anzunehmen, daß die Blutlävulose auf demselben Wege ins Blut gelangt wie die Blutglukose: einerseits durch Aufnahme mit der Nahrung, andererseits durch Hydrolyse der bei der Glykolyse gebildeten Phosphorsäureester mittels Phosphatase. Der Grund für ihre niedere Konzentration im Blut ist in den unterschiedlichen Aktivitäten der für die Umsetzungen Glykogen ⇌ Glukose einerseits und Glykogen ⇌ Fruktose andererseits verantwortlichen Enzyme zu suchen. Die Leber vermag Glukose verhältnismäßig schlecht, Fruktose aber sehr schnell zu phosphorylieren. Dies beruht auf den verschiedenen Aktivitäten der Glukokinase und Fruktokinase[6]), [7]). Andererseits ist das Glukose-6-phosphat-spaltende Enzym das bei weitem aktivste der an der Reaktionsfolge Glykogen → Glukose beteiligten[8]). Die Folge davon ist, daß injizierte Fruktose normalerweise in sehr kurzer Zeit weitgehend aus der Blutbahn verschwindet und nur eine sehr vorübergehende Erhöhung der Gesamtreduktion verursacht, während es viel längere Zeit beansprucht, bis eine entsprechende Menge injizierter Glukose assimiliert ist.

In anderen Geweben können die Fermentverhältnisse wesentlich andere sein als in der Leber. Das extremste Beispiel ist die Samenblase, welche umgekehrt wie die Leber nicht befähigt ist, Fruktose zu glykolysieren[9]). Obwohl die Samenblasen-Phosphatase sowohl Phosphatester der Fruktose als auch der Glukose hydrolysiert[10]), führt dies doch dazu, daß im Sekret der Samenblase fast ausschließlich Fruktose und verschwindend wenig Glukose vorkommt. Das Auftreten von größeren Mengen Fruktose im fetalen Blut dürfte dementsprechend mit der von der Leber verschiedenen Fähigkeit der Plazenta, die Phosphorsäureester von Glukose und Fruktose auf- bzw. abzubauen, zusammenhängen.

Eine ausführliche Arbeit über unsere papierchromatographischen Untersuchungen des Lävulosestoffwechsels erscheint demnächst in der Zeitschrift „Ärztliche Forschung".

Für die Überlassung der untersuchten Blutproben habe ich Herrn Oberarzt Dr. Stuhlfauth (Medizinische Poliklinik, München) sehr zu danken.

Aus dem biochemischen Laboratorium Tutzing der C. F. Boehringer & Söhne GmbH., Mannheim-Waldhof.

Kurt Wallenfels.

Eingegangen am 28. April 1951.

[1]) Peters, J. P., u. D. D. van Slyke: Quant. Clinic. Chem., 2. Aufl., Bd. I, S. 200. Baltimore 1946.

[2]) Hubbard, R. S., u. N. M. Russel: J. of biol. Chem. **119**, 647 (1937).

[3]) Bacon, S. D., u. D. J. Bell: Biochemic. J. **42**, 397 (1948).

[4]) Mann, T.: Biochemic. J. **40**, 481 (1946).

[5]) Stuhlfauth, K.: Ärztl. Forschg. (im Druck).

[6]) Vestling, C. S., A. K. Mylroie, U. Irish u. N. H. Grant: J. of biol. Chem. **185**, 789 (1950).

[7]) Leuthardt, F., u. E. Testa: Helvet. chim. Acta **33**, 1919 (1950).

[8]) Sutherland, E. W., u. C. F. Cori: J. of biol. Chem. **188**, 531 (1951).

[9]) Mann, T., u. C. Lutwak-Mann: Biochemic. J. **43**, 266 (1948).

[10]) Mann, T., u. C. Lutwak-Mann: Biochemic. J. **48**, XVI (1951).

Besprechungen.

Bachofen-Echt, Adolf †: Der Bernstein und seine Einschlüsse. Wien: Springer 1949. 204 S., 188 Textabb. u. 1 Tafel. DM 16.—.

Das nachgelassene Buch des betagten Wiener Forschers, der in der letzten Zeit auch durch die paläobiologische Auswertung von Bernstein-Einschlüssen im Sinne von OTHENIO ABEL sich einen Namen machte, enthält ein Vorwort von M. BEIER. Wenn es darin heißt, daß Verf. alles zusammengestellt habe, was über das „Gold des Nordens" und seine vielseitige Bedeutung bekannt war, so ist damit doch zuviel gesagt. Die 16 Seiten „Zum Geleit" und über „Heimat und Wanderung" erwähnen nur einen Bruchteil der Probleme, die der Bernstein für viele Zweige der Wissenschaft und der Kultur darbietet. Mehr als den zehnfachen Umfang jener einleitenden Abschnitte nimmt vielmehr die Darstellung der Pflanzen- und Tierwelt des Bernsteins ein.

Verf. hat sich bemüht, nach der reichen, sehr verschiedenwertigen (und nicht ganz vollständig zitierten) Literatur (es fehlt unter anderem die wichtige Arbeit von KJELL ANDER über „Die Insektenfauna des Baltischen Bernsteins nebst damit verknüpften zoogeographischen Problemen", Lund 1942) unser bisheriges Wissen über diesen Gegenstand darzustellen und unter Beifügung zahlreicher eigener Beobachtungen und Schlußfolgerungen über das Leben und Sterben im Bernsteinwald und über diesen selbst zu einem anschaulichen Bild abzurunden.

Was knapp 13 Seiten nach meist älteren Schriften über die Pflanzenwelt dieser Wälder bringen, wird sich bei neuerlicher Durcharbeitung des Originalmaterials (das, nachdem durch Kriegseinwirkung die größten Sammlungen ausgefallen sind, allerdings nur schwer noch zusammenzubringen sein wird) gewiß noch in mancher Hinsicht ändern, da heute an die Bestimmung von Pflanzenfossilien wesentlich höhere Anforderungen gestellt werden. Im Hauptteil des Buches, der den im Bernstein eingeschlossenen festländischen Tieren gewidmet ist, hat Verf. gut herausgearbeitet, daß die Vertreter der einzelnen Ordnungen nicht im gleichen Zahlenverhältnis in das Bernsteinharz eingebettet und uns dadurch überliefert wurden, wie sie ehemals in den Bernsteinwäldern oder ihrer näheren Umgebung gelebt haben. Vor allem fehlen naturgemäß alle größeren Tiere, wenn man nicht das Vorkommen von Säugetierhaaren, Vogelfedern und einer Eidechse hierher rechnen will. (Öfter beschriebene Frosch-Inklusen haben sich allemal als Fälschungen erwiesen!) Aber auch für die Kleintiere war die Gefahr, vom Bernsteinharz festgehalten und eingebettet zu werden, je nach Ort und Art ihres Lebens sehr verschieden groß, wie manche Beispiele zeigen. Trotz dieser aus inneren und äußeren Gründen bedingten Lückenhaftigkeit der vorliegenden Thanatocönose ist die Fauna der Bernsteinwälder in einer Mannigfaltigkeit überliefert, wie wir sie aus keinem andern Wald der geologischen Vorzeit kennen. Würmer, Pulmonaten, Asseln, Skorpione und Spinnentiere sowie Tausendfüßler sind neben Vertretern aller Ordnungen der Insekten gefunden. Verf. führt jeweils von den einzelnen Ordnungen kurz erdgeschichtliche Entwicklung, Lebensweise sowie Zugehörigkeit zu den Klimabezirken der Vorzeit auf Grund der Verbreitung der lebenden Verwandten an und unterstreicht die vielfachen Beziehungen zu heutigen Formen der Insulinde, von Ostasien, des südöstlichen Nordamerika, in Einzelfällen auch von Südamerika, sowie häufig von Südeuropa und überhaupt der Holarktis. Diese Beziehungen stimmen mit den auf Grund der Pflanzen festgestellten gut überein. Je nach der Häufigkeit und dem Stand der Forschung werden wenigstens die vertretenen Familien, vielfach die gefundenen Gattungen, häufiger auch einzelne Arten aufgeführt, zumal, wenn sie irgendwelche Besonderheiten der Erhaltung, der Lebensweise oder dergleichen erkennen lassen. Manche ausgezeichnete Funde werden teils nach der Literatur, teils nach Exemplaren seiner reichen Privatsammlung, die der Krieg auch stark mitgenommen hat, vom Verf. (zum Teil nicht besonders gut) abgebildet, wobei leider meist der Grad der Vergrößerung fehlt. Verf. hebt mit Recht besonders auch solche Funde heraus, die, wie gewisse Gammariden (Palaeogammarus sambiensis — nicht „sabiensis", wie S. 43! — und balticus) oder Wasserkäfer oder Insekten, deren Larven im Wasser leben (Trichopteren usw.), auch auf das Vorhandensein stehender oder fließender Gewässer in nächster Nachbarschaft der Bernsteinwälder hindeuten. Diese lange bekannte Tatsache schließt indessen, was ausdrücklich betont sei, keineswegs die Anerkennung der Ansichten G. KIRCHNERS von der angeblich großen Häufigkeit subaquatischer, insbesondere submariner Tiere ein, die dieser seit 1944 in populären Zeitschriften des In- und Auslandes zu vertreten versucht. Es ist zu bedauern und heißt die Objektivität zu weit treiben, daß BACHOFEN-ECHT vor Einziehung näherer Erkundigungen, die er selbst für nötig hielt, diese auf völliger Unkenntnis eines Laien über die paläogeographischen und sonstigen Überlieferungsmöglichkeiten von Korallenskeletten und -weichteilen beruhenden Vorstellungen nach KIRCHNERS „Umschau"-Artikel wörtlich zitierte und „Korallen (Hydraulis, Cariophyllia)" in die Bernsteininklusenfauna mit aufnahm. Ref. wird, vielfachen Wünschen entsprechend, die Ablehnung dieser abwegigen Ansichten an anderer Stelle näher begründen.

Im übrigen aber darf das Buch als eine gute Einführung in das Leben der Bernsteinwälder angesehen werden, wobei man mit dem Autor selbst auch über einzelne andere Irrtümer und Fehler nicht wird rechten wollen. Indessen hätte man bei dem Druck des Buches doch die zahlreichen, zum Teil peinlichen Druckfehler vermeiden müssen, die den Wert desselben für diejenigen herabsetzen, die nicht in der Lage sind, die zum Teil außerordentlich zerstreuten Originalschriften einzusehen. Es sind leider zu viele Fehler, als daß sie hier richtiggestellt werden könnten. Auch das wird an anderer Stelle geschehen.

K. ANDRÉE (Göttingen).

Eingegangen am 10. Januar 1951.

Palm, A.: Registrierinstrumente. Unter Mitarbeit von H. ROTH. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1950. 8°. VIII, 220 S. u. 203 Abb. DM 19.50.

Diese zusammenfassende Übersicht über Registrierinstrumente in Wissenschaft und Technik bevorzugt Instrumente mit typischen oder interessanten Eigenschaften oder solche, die viel in Gebrauch sind. Außer der Literatur wurden auch Unterlagen der Herstellerfirmen benutzt.

Aus der Geophysik werden zwar die meteorologischen Registriermethoden behandelt; für eine Neu-Auflage sei aber hingewiesen auf Entwicklungen aus dem Gebiet des Erdmagnetismus und der Seismik, die auch auf anderen Gebieten von Nutzen sein könnten. So z. B. die „Photographische Registriereinrichtung mit weiter Zeitskala bei sparsamem Papierverbrauch" von ADOLF SCHMIDT (1926), die in LA COURS erdmagnetischen Schnell-Registrier-Instrumenten vervollkommnet worden ist: An Stelle eines einzelnen Lichtpunktes werden 44 verwendet, die durch Prismen vor der Einfadenlampe erzeugt werden; sie beschreiben auf der Registriertrommel 44 parallele Kurven im Abstand von je 7 mm, von denen jedoch jeweils höchstens zwei durch eine Blende von 8 mm Breite auf das photographische Papier fallen.

Beim flüchtigen Durchblättern macht das Buch, durch die Art der Abbildungen und durch das Fehlen aller Formeln, den Eindruck eines Firmen-Kataloges; bei eingehender Betrachtung findet man jedoch viele wertvolle Angaben über Bauprinzipien und Anwendungsbereiche, so daß wohl jeder aus dem Buch etwas Neues erfahren wird. Man ist deshalb dem Verf. für den Plan dieses Buches und seine Durchführung zu Dank verpflichtet.

J. BARTELS (Göttingen).

Eingegangen am 6. Februar 1951.

Tölke, F.: Mechanik deformierbarer Körper. Bd. 1: Der punkförmige Körper. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1949. VIII, 388 S. u. 339 Abb. DM 45.—.

In dem jetzt vorliegenden ersten Bande seines geplanten großen Werkes über Mechanik deformierbarer Körper bringt der Verf. Ausführungen über den „punktförmigen Körper". Der 1. Abschnitt behandelt den geradlinig bewegten, der 2. Abschnitt den beliebig bewegten punktförmig idealisierten Körper. Der 3., den „Körperhaufen" gewidmete Abschnitt enthält in der Hauptsache Koppelschwingungen und gedämpfte Schwingungen.

In dem Bestreben, seine Darstellung so leichtverständlich wie möglich zu gestalten, hat der Verf. in den Text sehr zahlreiche Abbildungen eingefügt. In 55 vollständig durchgerechneten Beispielen werden Anwendungen aus verschiedenen Gebieten der Technik vorgeführt.

In den 2. Abschnitt wurden die Elemente der Vektorrechnung aufgenommen. Nach der Meinung des Verf. (S. 41) können sämtliche Rechenregeln der Algebra unmittelbar auf skalare Produkte Anwendung finden. In Formel (348) wird die nicht definierte Bildung eines Vektorquotienten benutzt.

Der für die Elastizitätstheorie fundamentale Begriff des Tensors (der Name stammt ja schon hierher!) hat in dem vorliegenden, den mathematischen Grundlagen gewidmeten Band, leider keinen Platz gefunden. Wo der Verf. (S. 56) von einer „linearen Vektorfunktion" spricht, versteht er darunter die Abhängigkeit eines Vektors von einem Parameter. Die Eigenschaften der Kegelschnitte, Rollkurven und linearen Schwingungen hätten mit Hilfe der ebenen Vektorrechnung (komplexe Zahlen) viel einfacher hergeleitet werden können.

Die 20 Seiten langen Ausführungen zur quadratisch gedämpften Schwingung hätten durch Berücksichtigung der Arbeit von BURKHARDT (1915) wesentlich vereinfacht und verbessert werden können; auch die Monographie von WAGENBACH (1940) scheint dem Verf. unbekannt geblieben zu sein.

Von der üblichen Angabe der benutzten Literatur und weiterführender Lehrbücher wurde abgesehen. Auch ein Schlagwortverzeichnis fehlt.

Von den vorgesehenen weiteren Bänden soll Bd. II den statisch, Bd. III den dynamisch und Bd. IV den thermisch beanspruchten festen Körper behandeln. Bd. V soll Ausführungen über Flüssigkeiten und Gase bringen.

F. K. RUBBERT (Oberglottertal).

Eingegangen am 26. Februar 1951.

Broda, E.: Advances in Radiochemistry. Cambridge University Press 1950. XI, 152 S., 16 Tab. sh 15.—.

Das schmale Bändchen wendet sich in erster Linie an den Radiochemiker, der Chemie mit radioaktiven Substanzen um ihrer selbst willen treibt. Für den Biologen, Chemiker oder Mediziner, der die radioaktiven Isotope als Hilfsmittel für seine Forschungen verwenden will, hat es weniger Bedeutung. Entsprechend seiner Absicht, die Fortschritte der Radiochemie zusammenzufassen, vermeidet der Verf. jeden lehrbuchartigen Ton und zählt an Hand einer straffen Gliederung in zehn Kapiteln, verteilt auf 110 Seiten Text, die Ergebnisse dieses seit etwa 1910 abgegrenzten Spezialgebietes auf. Da der behandelte Stoff innerhalb des Grenzgebietes zwischen Kernphysik und Chemie liegt, ist es verständlich, daß wesentliche Kapitel des Buches sich neben anderen z. B. mit Neutronenphysik oder Kernspaltung beschäftigen, soweit diese Einzelgebiete mit der Herstellung radioaktiver Substanzen in Zusammenhang stehen. Der mehr chemischen Fragen gewidmete Teil umfaßt das Verhalten unwägbarer Mengen radioaktiver Substanzen, die Chemie der künstlich hergestellten Elemente Technecium, Prometium, Francium, Astatin sowie der Transurane. Besonders bemerkenswert ist das neunte Kapitel, das sich mit den chemischen Eigenschaften von Atomen unmittelbar nach Ablauf von Kernreaktionen beschäftigt. Das Schlußkapitel über die Technik radiochemischer Messungen ist dem allgemeinen Rahmen des Buches entsprechend stark zusammengedrängt, obwohl nichts Wesentliches unbeachtet geblieben ist. Überhaupt ist der Verf. ein Meister in der Kunst des Weglassens, ohne seinem Thema dabei Gewalt anzutun, wenn man auch hin und wieder beim Lesen den Eindruck gewinnt, daß ein geringes Mehr an Ausführlichkeit dem Buch nicht abträglich gewesen wäre. So ist das Bändchen vor allem demjenigen wertvoll, der sich an Hand des auf alles Wichtige hinweisenden Textes und der zahlreichen Zitate (etwa 1000), die sich, um das gesamte Gebiet zusammenzufassen, erfreulicherweise bis in die Anfänge der Radiochemie erstrecken, gründlich in die Materie dieses Gebietes oder eines seiner Teile einarbeiten will. Einen unbedeutenden Schönheitsfehler sieht der Ref. darin, daß manche Sätze wegen der in Klammern eingefügten Literaturzitate etwas unübersichtlich werden (S. 15).

Bei der wachsenden Bedeutung der Radioaktivität und ihrer Randgebiete stellt das kleine, gründlich überlegte Werk eine sehr wünschenswerte Ergänzung des Schrifttums dar, die jedem, der sich mit radiochemischen Problemen befaßt, nur empfohlen werden kann.

HANS GÖTTE (Mainz a. Rhein).

Eingegangen am 15. Februar 1951.

International Commission for Plant Slide Exchanges.

In der Botanical Section of the International Union of Biological Sciences, die dem International Council of Scientific Unions in Cooperation with UNESCO untersteht, hat sich in Verbindung mit der California Botanical Materials Company eine Kommission zum Austausch botanischer mikroskopischer Präparate gebildet. Aus Communication 1 (November 1950) geht hervor, daß die Neugründung hauptsächlich den *taxonomisch* arbeitenden Instituten und Wissenschaftlern dienen soll. Es wird um Zusendung von sorgfältig fixiertem Material aus allen Teilen der Welt gebeten, aus dem im Laboratorium der California Botanical Materials Company dann mikroskopische Präparate hergestellt werden. Die eingesandte Menge soll ausreichend für die Anfertigung von 2000 Präparaten sein. Als Gegenleistung erhält der Einsender je nach Wert des übersandten Objekts bis zu 10 Präparaten, und zwar nach Wunsch von seinem eigenen oder von anderem Material. Diese Tauschmöglichkeit steht nur Mitgliedern offen. Die Mitgliedschaft von Einzelpersonen oder Instituten wird gegen einen Jahresbeitrag von 10 Dollar erworben. Aber auch Nichtmitglieder können Präparate beziehen, müssen sie jedoch einzeln bezahlen. Alle Zuschriften sind an Dr. D. A. JOHANSEN, Chairman, International Commission for Plant Slide Exchanges, 861 East Columbia Avenue, Pomona, California, USA., zu richten.

R. HARDER.

Eingegangen am 17. Februar 1951.

Wakefield, E. M., und R. W. Dennis: Common British Fungi. London: P. R. Gawthorn, Ltd, 55 Russell Square, W C 1. 290 S., 111 farb. Tafeln u. 6 Textfig. sh 35.—.

Ein reich bebildertes Buch, das auch vom deutschen Pilzfreund benutzt werden kann. Es enthält die farbigen Abbildungen von 470 in Wald und Flur wachsenden Schwämmen aus der Gruppe der Basidiomyzeten. Die Askomyzeten (zu denen von auch den Laien interessierenden Vertretern z. B. die Morcheln und Trüffeln sowie zahlreiche Erreger von pflanzlichen Krankheiten gehören) werden nicht berücksichtigt und auch nicht die durch eine geteilte Basidie charakterisierten Rost- und Brandpilze. Als sich in der nahrungsknappen Nachkriegszeit das Fehlen einer guten englischen illustrierten Pilzflora stark geltend machte, schufen die Verf. (von denen Miss WAKEFIELD seit 40 Jahren Pilzspezialistin am Herbarium der Kew Gardens in London ist) ihr auch für Liebhaber gut verwendbares, aber nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten aufgebautes Abbildungswerk. Um weitesten Kreisen die Benutzung möglich zu machen, wird auf die Verwendung mikroskopischer Merkmale für die Bestimmung verzichtet. Dadurch mußte als kleiner Nachteil in Kauf genommen werden, auf die in modernen Systemen bei manchen Gattungen vollzogenen Umgruppierungen und Aufspaltungen verzichten zu müssen und sich im wesentlichen an das alte, wenn auch modifizierte System von ELIAS FRIES zu halten. Aber das ist bei den praktischen Zielen des Buches ohne wesentliche Bedeutung.

Jede Pilzart ist durch mindestens ein Habitus- und ein Längsschnittbild in natürlicher Größe wiedergegeben; für den „Fortgeschrittenen", dem ein Mikroskop zur Verfügung steht, ist auch von jeder Art noch ein Sporenbild hinzugefügt. Das Buch ist aber so angelegt, daß man mit rein makroskopischen Merkmalen zum Ziele kommt. Ein Bestimmungsschlüssel ermöglicht zunächst die Auffindung der Ordnungen, Familien und Gattungen. Jeder Gattung ist eine zusammenfassende Darstellung vorangestellt, dann folgt die Beschreibung der abgebildeten Arten, wozu kein Schlüssel mehr gegeben wird; jede Gattung wird ergänzt durch Angaben über bemerkenswerte, aber nicht figürlich wiedergegebene Arten.

Die gut reproduzierten Bilder sind meistens gut gelungen, wenn sie auch nicht ganz so ansprechend sind wie die in dem großen deutschen Tafelwerk „Die Pilze Mitteleuropas" und in den bekannten deutschen Pilzbüchern von MICHAEL, GRAMBERG und anderen; sie stehen ihnen auch dadurch etwas nach, daß vielfach nur ein ausgewachsenes Exemplar wiedergegeben ist, während die deutschen Bücher meistens eine ganze Anzahl von Entwicklungsstufen bringen, was besonders für den Anfänger sehr nützlich ist. Mit wenigen Ausnahmen (es fehlt z. B. ein Bild vom Steinpilz und vom Satanspilz, beide sind aber im Text beschrieben) sind alle auch in Deutschland verbreiteten und als Speise- oder Giftpilze wichtigen Arten dargestellt, so daß das Werk auch dem deutschen Pilzsammler als Bestimmungsbuch dienen kann. Etwas störend dürfte dabei allerdings sein, daß alle Maße — wie nicht anders zu erwarten — in inches angegeben sind.

R. HARDER (Göttingen).

Eingegangen am 7. Februar 1951.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.

Physiologische Chemie

Ein Lehr- und Handbuch für Mediziner, Biologen und Chemiker

Hervorgegangen aus dem Lehrbuch der physiologischen Chemie

von

Olof Hammarsten

In 2 Bänden

In Kürze erscheint:

Erster Band

Die Stoffe

Herausgegeben von

B. Flaschenträger

Alexandria

Unter Mitwirkung von

E. Lehnartz

Münster i. Westf.

Bearbeitet von D. Ackermann, G. Blix, H. Bredereck, P. Brigl †, A. Butenandt, K. Felix, B. Flaschenträger, F. Flury †, K. Freudenberg, K. Gemeinhardt, W. Grassmann, Chr. Grundmann, F. Holtz, E. Klenk, F. Knoop †, H. Kraut, W. Kuhn, H. Müller, Th. Ploetz, F. Schneider, G. Schramm, W. Siedel, T. Thunberg, J. Trupke, R. Weidenhagen, Ä. Weischer, K. Zeile

Mit etwa 95 Abbildungen. Etwa 1420 Seiten. 1951. Ganzleinen etwa DM 186.—

Inhaltsübersicht:

A. Einleitung. Von F. Knoop †. — **B. Physikalisch-chemische Grundlagen biologischer Vorgänge.** Von W. Kuhn. I. Allgemeines über Atom- und Molekülbau sowie Radioaktivität und Röntgenstrahlen. II. Äußere Elektronenhülle in Atomen und Molekülen. III. Chemische Thermodynamik, chemisches Gleichgewicht. IV. Elektrische Potentiale, Elektrolyte. V. Grenzflächen der Zelle und ihre Eigenschaften. Va. Durchlässigkeit von Membranen und Membrangleichgewichte. Vb. Oberflächenspannung. VI. Kolloidaler Zustand. VII. Die Zelle als physikalisch-chemisches System. — **C. Die anorganischen und organischen Bau-, Betriebs- und Schlackenstoffe.** Einteilung der Stoffe. Zusammensetzung des Menschen. Von B. Flaschenträger. I. Wasser. Von F. Holtz. II. Mineralstoffe. Von F. Holtz und B. Flaschenträger. III. Kohlenhydrate. 1. Zucker und Verwandte. Von P. Brigl † und Th. Ploetz. 2. Polysaccharide. Von Th. Ploetz und K. Freudenberg. IV. Fette und Lipoide (Lipide). 1. Die eigentlichen Fette. 2. Phosphatide. 3. Zuckerhaltige Lipoide. 4. Wachse und andere Fettgemische. Von E. Klenk. 5. Steroide. Von A. Butenandt und G. Schramm. 6. Carotinoide. Von Chr. Grundmann. V. Eiweißstoffe und ihre Abbaustufen. 1. Einleitung. Von W. Grassmann. 2. Aminosäuren und Peptide. Von W. Grassmann, F. Schneider und J. Trupke. 3. Eiweißstoffe. Von G. Blix, K. Felix, W. Grassmann und J. Trupke. 4. Tierische Basen. Von D. Ackermann. VI. Purin- und Pyrimidinverbindungen. Von H. Bredereck. 1. Purine. 2. Pyrimidine. 3. Vitamin B_1, Aneurin. 4. Pterine. 5. Nucleinsäuren. 6. Nucleinsäurespaltende Fermente (= Nucleasen). VII. Pyrrolfarbstoffe. 1. Blutfarbstoffe, Häminfermente, Zellhämine, natürliche Porphyrine. Von K. Zeile. 2. Gallenfarbstoffe. Von W. Siedel. 3. Blattfarbstoffe. Von K. Zeile. 4. Prodigiosin. Von K. Zeile. VIII. Enzyme. 1. Allgemeiner Teil. Von W. Grassmann und J. Trupke. 2. Spezieller Teil. Von W. Grassmann, H. Kraut, H. Müller, Th. Ploetz, T. Thunberg, R. Weidenhagen und Ä. Weischer. IX. Anhang: Tierische Gifte. Von F. Flury † und K. Gemeinhardt. Namen- und Sachverzeichnis.

Das von den Fachkreisen lange und schmerzlich erwartete, repräsentative Werk über Physiologische Chemie beginnt jetzt zu erscheinen. Hervorgewachsen aus dem zu seiner Zeit hervorragenden Lehrbuch von Olof Hammarsten, hat es unter der Hand seiner Herausgeber eine eigene Form gefunden. Festgehalten wurde an der Trennung in zwei Teile, von denen der erste, zunächst erscheinende, die chemischen Bausteine der Organismenwelt behandelt, während die Schilderung der chemischen Umsetzungen, also der funktionellen Vorgänge, dem in Vorbereitung befindlichen zweiten Band vorbehalten bleibt. Wie ein Blick auf das Inhaltsverzeichnis lehrt, sind zur Bearbeitung der einzelnen Abschnitte jeweils diejenigen Forscher herangezogen worden, die sich bei der Entwicklung der betreffenden Gebiete einen besonderen Ruf erworben haben. Ihre Leistung, unter den ungeheuer erschwerten Bedingungen der Nachkriegszeit die umfangreiche Literatur der letzten zehn Jahre der ursprünglichen, von den Bomben vernichteten ersten Fassung organisch einverleibt zu haben, kann nicht hoch genug gewürdigt werden. — Besondere Beachtung verdient das umfangreiche Register, in dem nicht nur Namen der Autoren und Stichwörter, sondern auch die im Text behandelten Literaturquellen nachgewiesen werden.

Etwa ein Jahr nach Ausgabe des ersten Bandes wird der zweite Band:

Physiologische Chemie der Lebensvorgänge und Organe

erscheinen.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Vorstufe zur theoretischen Physik

Von Dr. phil. Richard Becker, o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Göttingen. Mit 94 Abbildungen. VII, 172 Seiten. 1950. DM 7.50

Lehrbuch der theoretischen Physik

Von Walter Weizel, Professor der Physik an der Universität Bonn.

Erster Band:

Physik der Vorgänge. Bewegung, Elektrizität, Licht, Wärme. Mit 270 Textabbildungen. XV, 771 Seiten. 1949. DM 53.—; Ganzleinen DM 56.90

Zweiter Band:

Struktur der Materie. Mit 194 Textabbildungen. XII, 768 Seiten. 1950. DM 66.—; Ganzleinen DM 69.90

Jeder Band ist einzeln käuflich!

Einführung in die Physik

Von Robert Wichard Pohl, o. ö. Professor der Physik an der Universität Göttingen.

Erster Band:

Einführung in die Mechanik, Akustik und Wärmelehre. Zehnte und elfte verbesserte und ergänzte Auflage. Mit 547 Abbildungen, darunter 8 entlehnten. VIII, 356 Seiten. 1947. DM 21.—

Zweiter Band:

Einführung in die Elektrizitätslehre. Dreizehnte und vierzehnte Auflage. Mit 497 Abbildungen, darunter 20 entlehnten. IV, 302 Seiten. 1949. DM 18.60

Dritter Band:

Einführung in die Optik. Siebente und achte Auflage. Mit 565 Abbildungen im Text und auf einer Tafel, darunter 18 entlehnten. IV, 356 Seiten. 1948. DM 21.—

Kurzes Lehrbuch der Physik

Von Professor Dr. H. A. Stuart, Hannover. Zweite und dritte Auflage. Mit 378 Abbildungen. VIII, 284 Seiten. 1949. Halbleinen DM 15.—

Physik

Ein Lehrbuch. Von Wilhelm H. Westphal, Berlin. Vierzehnte und fünfzehnte Auflage. Mit 650 Abbildungen. XII, 758 Seiten. 1950. Ganzleinen DM 29.70

Kleines Lehrbuch der Physik

ohne Anwendung höherer Mathematik. Von Wilhelm H. Westphal, Berlin. Mit 283 Abbildungen. VIII, 251 Seiten. 1948. Halbleinen DM 9.60

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Hans-Georg-Halfter, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.